

RÁDA B
PRO KONSTRUKTÉRYČASOPIS
PRO ELEKTRONIKU
A AMATÉRSKÉ VÝSÍLÁNÍ

ROČNÍK XXXI/1982 ČÍSLO 1

V TOMTO SE SÍTĚ

Posláni a úloha AR ve společnosti 1

YAGIHO SMĚROVÉ ANTÉNY
PRO VKV A UKV

Uvod	2
Současné vlastnosti antén	3
Rezonoantenní září, direktory	4
Dálka antény	5
Impedanční vlastnosti Yagiho antén	6
Konstrukční a mechanická hlediska stavby antén	8
Praktická realizace Yagiho antén	10
Rozsáhlý soubor antén a jejich konstrukce	12
Anténní soustavy	14
Způsob napájení	16
Vzájemná vzdálenost antén v soustavě	18
Výpočet rozměru sloupnice	18
Stavba a rozsáhlý soubor	22
Praktické využívání antén	23
O homogenitě prostředí trochu jinak	24
Yagiho antény se skupinovými direktory	25
Upráva antény KC91-BL (X-COLOR)	25
Anténní soustava pro K2B	27
Anténní soustavy z X-COLOR a TVA ("matrace")	28
Omologované antény	28
Praktická realizace smyčkových antén	30
Seznamna mapa TVvysílačů	30
Literatura	31
Antény v podmínkách praktického příjmu	34
Zvláštnosti rozsílení směr. pol. v místě příjmu	34
Praktické aplikace	35
Úkazy praktických konstrukcí	36
Výsledky 13. a podmínky 14. ročníku konkursu AR	39

AMATÉRSKÉ RÁDIO ŘÁDA B

Vydává URV Suzavarm ve vydavatelství NÁŠE VOJSKO, Vladislavova 26, 133 66 Praha 1, tel. 26 06 51-7. Šéfredaktor Ing. Jan Klabal, redaktor Luběd Kalousek, OKFAřík, redakční řada: RNDr. J. Šimánek, Ing. J. Šimánek, RNDr. A. Glens, Ing. J. Hanousek, M. Haška, Z. Hradík, P. Horák, J. Husa, Ing. J. T. Kralík, Ing. J. Jarolík, doc. Ing. M. Joachim, Ing. F. Kralík, RNDr. L. Kralík, J. Kroupa, Ing. E. Mocik, V. Němcová, RNDr. L. Ondříček, CSc., J. Ponišek, Ing. E. Smutný, V. Těška, doc. Ing. J. Vacáč, laureát st. časy KG, J. Vorlický, Ing. J. Zima, Ing. J. Šimánek.

Redakce Jungmannova 24, 112 66 Praha 1, tel. 26 06 51-7, šéfredaktor linka 354, redaktor linka 355, sekretářka linka 355. Ročně vydáje 6 čísel. Cena výtisku 5 Kčs, pololehni předplatné 15 Kčs. Rozšířilé PNS, v jednotkách ozbrojených sil vydavatelství NÁŠE VOJSKO, administrace Vladislavova 26, Praha 1. Objednávky přijímá každá pošta a doručovatele. Objednávky do zahraničí využijte PNS, účetní expediče a doručov. tisku, závod 01, Kálovka 9, 160 00 Praha 6. Tiskárna NÁŠE VOJSKO, n. p., závod 08, 162 00 Praha 6, Vlastina 710.

Za práci vydání a správce příspěvku odpovídá autor. Návštěvy v redakci a telefonické dotazy pouze po 14. hodině. Číslo indexu 46 004.

Toto číslo má výřez podle plánu 20. ledna 1982.
© Vydavatelství NÁŠE VOJSKO

POSLÁNÍ A ÚLOHA AR
VE SPOLEČNOSTI

Ing. Jan Klabal, šéfredaktor AR

Dnešní i budoucí posálení časopisu musí vycházet jak z jeho svazarmovských tradic, tak i z těch, které vyplývají ze současných potřeb společnosti. V hospodářské oblasti jsou to především úkoly vyplývající ze závěru XVI. sjezdu KSC o zvýšení efektivnosti a kvality veškeré práce, efektivitních strukturálních změn především na základě maximálního využití výsledků vedy a techniky, a urychleném rozvoji elektrotechnického průmyslu, zejména mikroelektroniky a prostředků automatizace.

Ke zdárnému splnění vysoko náročných úkolů v rozvoji elektroniky, kybernetiky a automatizace v národním hospodářství, které byly učleny XVI. sjezdu KSC, je třeba vytvářet kvalitní a věcné podmínky a dosáhnout výrazného zvýšení kvality o toto obory u širší odborné veřejnosti. Neméně důležité je, aby zejména využívají konstrukční pracovníci jiných oborů (např. strojírenství, doprava, administrativa, zemědělství, potravinový průmysl aj.) měly hlubší znalosti o elektronice a mikroelektronice a mohly tak účinně prosazovat elektronizaci do nově využívaných zařízení. Tuto doplňující znalosti mohou získat bud profesionálním (školským), nebo individuálním studiem. Pokud jde o profesionální úrovni vzdělávání, vyučka této oboru se výrazně rozšíří rozvojem nové výchovné vzdělávací soustavy, ve které se má, jak uvádí ministerstvo školství, znacně zvýšit rozsah výuky informatiky, kybernetiky, elektroniky, automatizace a vyučovací techniky na všech stupních školy. Avšak i po absolvování školského studia je nutné další sebevzdělávání, neboť uvedené obory se stále bouřlivě rozvíjejí a je proto potřebné průběžný příjem informací o směrech a rozsahu jejich rozvoje. Uvedené skutečnosti daly tušitší síři profesionální i amatérského zájmu o elektroniku v obory s její užce související.

Z hlediska vývojového období (tj. před nástupem mikroelektroniky), výpočetní techniky, vývoje elektronických přístrojových systémů, řídící a automatizační techniky, elektronické systémy sítí a vyhodnocování dat, radikalokace, navádění a zaměřovací systémy, video-systémy a řada dalších – to vše, kromě klasické radioelektroniky, oferuje nesmírně široké možnosti konstrukční a tím i publicistické činnosti (v oblasti teorie i praxe). Rozsah časopisu se však v průběhu let zmenší pouze jednou, není proto v jeho možnostech v současné době uspokojivý pokryt všechny požadavky, jak ze strany potřeb rozvoje elektroniky v celé její šíři, tak i požadavky Suzavarmu, v němž během let vzniklo několik nových radioamatérských a elektronických sportů a odborností jako jsou rádiový orientační běh, rychlotelegrafie, radioamatérský všeobecný, hifiluky, videoteletechnika, vznikající digitální aj. Omezený rozsah časopisu nutně vede k tomu, že konstrukční a nářízová informovanost nemůže dosahovat takového rozsahu a šíře, že by již současně potřeby a úkoly v elektronice využívali a je proto třeba, aby si i laskavý čtenář tuto závážnou skutečnost plně uvědomil.

Závěrem je možno říci, že obě částečky časopisu AR se tedy musí z výše uvedených důvodů v blízké budoucnosti zabyvat politicko-odbornou, svazarmovskou a společensko-politickou problematikou v odborné části se hlavně zaměří – řada A: na výchovu mládeže pro radioelektroniku (stála rubrika 15), na konstrukce z radioelektroniky a běžné elektronice, na zprávy ze svazarmovských klubů, výstav a veletrhů, na konstrukce pro měrné pokročilé a vyspělé amatéry, na novinky v obvodové elektronice a konstrukcích i na různé druhy elektroniky apod. Řada B: bude obsahovat zejména monodiskutativní systematické příspěvky z obecné radioelektroniky, elektroniky a měřicí techniky pro vyspělé radioamatéry a profesionální pracovníky, které budou vyčerpávající způsobem probírat zpracovávanou řádku. Touto obsahovou náplní se bude časopis i při současných značně omezených stranckých možnostech snažit uspokojit celou šíři amatérské a z části i profesionální konstrukční činnosti tak, aby byly v AR plně realizovány závěry XVI. sjezdu KSC o urychleném rozvoji elektroniky a jejich aplikací v ČSSR.

Ve oblasti politické jejich úkolem upevňovat marx-leninský světový názor a prohlubovat

internacionální čtení. Otázky ideologického působení nejsou sice řešeny „přímo řestou“, použitím politických materiálů, ale řeší se obsahovou náplní odborné zaměřených článků. Jde zejména o pravidelné informace čtenářů o práci s mládeží ve Suzavaru, o péči, kterou naše společnost věnuje vědeckofa-technickému rozvoji, ve zprávách o úspěších našich výrobků aj. Časopis také pozorně reaguje na všechna unesená politických a státních i svazarmovských orgánů.

Časopis AR je však také jedním konstruktivním elektronickým časopisem v ČSSR, který se věnuje i aplikacím elektroniky do řady odvětví národního hospodářství. Tato skutečnost určuje kromě registrace výhledů i jeho odborné poslání – průběžné poskytovat všechny zájemce o konstrukční elektronickou činnost, a to od úpravných začátků až do úrovně profesionálních pracovníků z konstrukčních a vývojových kanceláří, kteří v něm hledají inspiraci a pomoc při řešení elektronických problémů na svých pracovištích.

Tim je politickovýchovná a odborné poslání časopisu (obou řad A i B) jednoznačně určeno a je ho nutno plně respektovat.

Bouřlivý rozvoj mikroelektroniky, výpočetní techniky, vývoje elektronických přístrojových systémů, řídící a automatizační techniky, elektronické systémy sítí a vyhodnocování dat, radikalokace, navádění a zaměřovací systémy, video-systémy a řada dalších – to vše, kromě klasické radioelektroniky, oferuje nesmírně široké možnosti konstrukční a tím i publicistické činnosti (v oblasti teorie i praxe). Rozsah časopisu se však v průběhu let zmenší pouze jednou, není proto v jeho možnostech v současné době uspokojivý pokryt všechny požadavky, jak ze strany potřeb rozvoje elektroniky v celé její šíři, tak i požadavky Suzavarmu, v němž během let vzniklo několik nových radioamatérských a elektronických sportů a odborností jako jsou rádiový orientační běh, rychlotelegrafie, radioamatérský všeobecný, hifiluky, videoteletechnika, vznikající digitální aj. Omezený rozsah časopisu nutně vede k tomu, že konstrukční a nářízová informovanost nemůže dosahovat takového rozsahu a šíře, že by již současně potřeby a úkoly v elektronice využívali a je proto třeba, aby si i laskavý čtenář tuto závážnou skutečnost plně uvědomil.

Závěrem je možno říci, že obě částečky časopisu AR se tedy musí z výše uvedených důvodů v blízké budoucnosti zabyvat politicko-odbornou, svazarmovskou a společensko-politickou problematikou v odborné části se hlavně zaměří – řada A: na výchovu mládeže pro radioelektroniku (stála rubrika 15), na konstrukce z radioelektroniky a běžné elektronice, na zprávy ze svazarmovských klubů, výstav a veletrhů, na konstrukce pro měrné pokročilé a vyspělé amatéry, na novinky v obvodové elektronice a konstrukcích i na různé druhy elektroniky apod. Řada B: bude obsahovat zejména monodiskutativní systematické příspěvky z obecné radioelektroniky, elektroniky a měřicí techniky pro vyspělé radioamatéry a profesionální pracovníky, které budou vyčerpávající způsobem probírat zpracovávanou řádku. Touto obsahovou náplní se bude časopis i při současných značně omezených stranckých možnostech snažit uspokojit celou šíři amatérské a z části i profesionální konstrukční činnosti tak, aby byly v AR plně realizovány závěry XVI. sjezdu KSC o urychleném rozvoji elektroniky a jejich aplikací v ČSSR.

YAGIHO SMĚROVÉ ANTÉNY PRO VKV A UKV

Jindra Macoun

Známe celou řadu antén, které mají vlastnosti vhodné pro použití na pásmech VKV a UKV, ať již ide o směrovou komunikaci nebo příjem TV. Yagiho-anténa je pro uvedené účely již tří desítky let anténoní nejrozšířenější nejen pro své výborné vlastnosti elektrické, ale stejnou měrou i z hlediska konstrukčně mechanických. Yagiho anténa je při shodných elektrických parametrech podstatně lehčí, konstrukčně jednodušší a mechanicky odolnější než ostatní druhy antén. Tyto výhody jsou zvláště zjevné a vitané při amatérské realizaci. Jistým paradoxem však je, že její principy i základní problematicka návrhu, popř. vztahy mezi rozmezrovými a elektrickými parametry stále nejsou příliš rozšířeny anebo jsou mylně interpretovány. Proto je hlavním zaměřením autora podat přístupným způsobem podstatné informace o tétoč zájmových i elegantních anténnách tak, aby každý zájemce byl schopen se v této problematici orientovat, aby dokázal posoudit různé typy antén a umět sám anténu realizovat i bez podrobného návodu.

Úvod

První práce o nové anténě publikovali v roce 1926 japonskí vědci Hidetsugu Yagi a Shintaro Uda [1] až [3]. Jejich jmény je taky nazývána. Správně se tato anténa tedy nazývá anténa Yagi-Uda, přestože název „yagiina“ je dnes již terminus technicus. Je to nejdále vůči panu Udu, který prý byl skutečným původcem antény. Je neprávem opomíjet a zůstává utajen i následující čtenářům, protože pro ně máme k dispozici jen snímek pana Yagiho (obr. 1).

Yagiho antény byly ve větším měřítku použity až ve II. světové válce jako antény prvních radiolokátorů na metrových a později i decimetrových vlnách. Dnes se používají zejména na VKV, kde jsou zcela převládajícím typem i v různých modifikovaných formách.

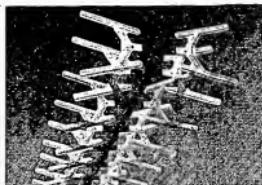
V posledních letech se však díky svým vynikajícím vlastnostem stále více prosazují i na KV při profesionálním provozu a rovněž na amatérských KV pásmech – počínaje pásmem 7 MHz (!). Když jde v obou případech v principu o stejnou anténu, je v použití podstatný rozdíl. Na VKV provozované, nebo lepše, měli bychom provozovat Yagiho antény v tzv. podmínkách volného prostoru (free space).

ce). Na KV je anténa vzhledem k vinnové délcí těsně na zemi (above ground), a proto je žádoucí s touto skutečností při návrhu a provozu počítat. Vliv země a jeho učelné využití pro využívání Yagiho antény i jejich soustav pod optimálnimi elektrickými úhly přispívá ke konjunktuře této antény na KV pásmech. Ze že ovšem o antény mimořádných rozmerů, není třeba zdůrazňovat. Protože v tomto AR řádu B budeme probírat antény pro VKV a UKV, jsou všechny další úvahy o využívání vlastnostech Yagiho antény vedeny tak, že s vlivem země nepočítají.

Praktické použití Yagiho antén bylo podnětem k významným pracem, které se rozvinuly az v poválečných letech. Vynikající prací je kniha autorů U. Šada a Y. Mushiake: Yagi-Uda Antenna z roku 1954 [4]. Další významnější teoretické práce uverenější: Kraus [5], King [6], Walkinshaw [7], Vysotskij [8], Reid [9], Sengupta [10] a další [11] až [20]. Experimentálnímu výzkumu se věnovali Ehrenspeck a Poehler [21], Lindsay [22], Greenblum [23], Moskow a Johnson [24], Orr [25], a v poslední době jsou to zvláště Vziebecký [26] a Lawson [27], jehož seriál článek dokumentuje velmi přísným způsobem shodu mezi teorií a experimentem, když srovnává výsledky četných výpočtů s výsledky experimentálních prací. Zároveň ukazuje, že současná výpočetní technika zvládne i v několikaprvkových Yagiho antén složitou souvislost rozmezových a elektrických parametrů.

Všechny hlavní elektrické parametry Yagiho antén – směrovost, popř. zisk, činitel zpětného příjmu (záření), charakter využívacího diagramu, popř. úhel příjmu v obou rovinách a úroveň postranních laloků a impedance – spolu navzájem souvisejí prostřednictvím základních rozmezí antény, za které je třeba považovat délky, průměry a počty prvků, a jejich vzdáleností. (Viz obr. 2, kde jsou vyznačeny všechny podstatné rozmezové parametry).

Při návrhu Yagiho antény tkví hlavní problém v určení základních rozmezí, nutných pro dosažení požadovaných elektrických vlastností v daném kmitočtu pásma. Z hlediska návrhu lze Yagiho



antény v současné době rozdělit na dve skupiny. Kritériem pro toto rozdělení je způsob výpočtu elektrických vlastností.

První skupinu antén tvoří tzv. **antény krátké**. Ty se řeší výpočtem proudů indukových ve všech pasivních prvcích. Diagram směrovosti pak vznikne superpozicí diagramů jednotlivých zářících – prvků. Velikost a fáze indukových proudů (nebo napětí) je dána vzájemnou impedancí prvků. Její výpočet je však složitý. Právě pro tuto složitost bylo možné dnešná výpočítávat jen antény tří až čtyřprvkové, tedy krátké. Vzájemné vztahy mezi základními rozmezími, ziskem a impedancemi u dvou a tříprvkových antén, vypočítání výše zmíněných způsobem, jsou pro praktické použití upraveny do grafů v dnes již klasické práci S. Udu [4]. Z grafu lze přímo zjistit jak zisk v dB, tak obě složky impedance v ohmech.

Použití počítaců přineslo v posledních letech značný pokrok i v této oblasti, takže výpočtem vzájemných impedancí se dnes řeší i mnohaprvkové antény [16], [17], [18], [19], [20], [27].

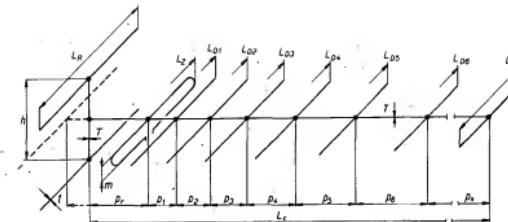
Druhou skupinu antén tvoří tzv. **dlouhé Yagiho antény**, které řeší teoreticky řešit jako antény s povrchovou vlnou. Radu direktorů lze uvažovat jako úsek vedení, podél něhož se mohou šířit povrchové vlny. Při řešení se vychází z teorie šíření těchto povrchových vln, které jsou zvláštěním případem elektromagnetických vln [10], [12], [13], [14], [28]. Jsou charakterizovány tím, že jejich fázová rychlosť šíření je vždy menší, než v elektromagnetické vlně homogenní (využívané např. anténu vysílače).

Na obr. 3 jsou schematicky znázorněny některé typy antén s podlebným využíváním, které lze řešit jako antény s povrchovou vlnou. Je to anténa dielektrická a dále antény s různými druhy tzv. periodických struktur mezi které patří i dlouhá Yagiho anténa. Ve skutečnosti jde v uvedených rozmezích antén s povrchovou vlnou o antény, dielektrické. Právě dielektrikum dielektrické týče (trolit, organický sklo apod.), obr. 3a, je u ostatních antén nahrazeno dielektrikem „umělým“, které tvoří řada vodivých, kotonoučků, desek apod. Je všedě, že se tyto antény v podstatě skládají ze dvou částí – budíče a směrováče. Budícem je u Yagiho antény soustava zářící-reflector, směrováčem je periodická struktura čili řada direktorů. U právě dielektrické antény (obr. 3a) je budícem uši vlnovodu a směrováčem dielektrická týč. Budícem se převede elektromagnetické energie v dané struktuře na povrchovou vlnu. Směrovost antény pak závisí na fázové rychlosti šíření povrchových vln podél struktur. Fázová rychlosť je dána základními parametry struktury – u Yagiho antény průměrem a délkom direktoru, jejich počtem a roztečí, popř. délkom antény. Čím je anténa delší, tím více se shodují výsledky měření směrových vlastností s teoretickými předpoklady.

Prakticky používanou Yagiho anténu, určenou pro příjem na TV pásmech, či pro komunikaci na amatérských pásmech VKV a UKV, dosahují délka od 0,5 do 6 až



Obr. 1. Hidetsugu Yagi



Obr. 2. Základní rozměry antény Yagiho antény

7 ž. leží tedy na rozhraní obou skupin, tj. v oblasti, v níž se zvětšuje síložitost výpočtu antén krátkých a zmenšuje použitelnost a přesnost výpočtu antén dlouhých. Navíc jede o antény (TV) do značné míry šířkopásmové, které mají mit v šířším pásmu nejen určitý zisk, ale i příznivý směrový diagram, tj. malé nebo žádné pozatílné laloky, velmi dobrý činitel zpětného příjmu a samozřejmě i vyhovující přípůsobení. Uvedené požadavky zatím nezvládnout pouze výpočtem, a tak výslech antén tohoto druhu je výsledkem experimentálníci práci, při nichž lze pro stanovení výchozích rozmezí využít i některých údajů, odvozených teoretičky.

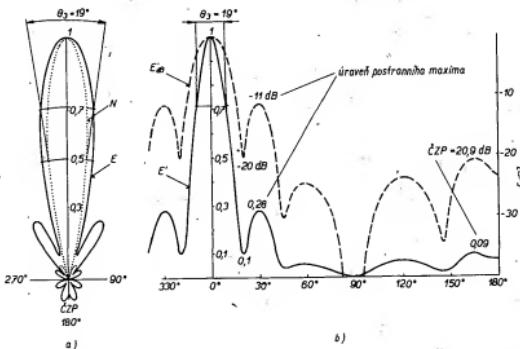
Výjmoukou jsou krátké ($L_0 = 0,3$ až $0,75\text{ km}$), až šestiprvkové úzkopásmové antény na pásmu KV. Počítá v tomto případně může dnes iž nejen určit všechny rozdíly včetně odstupňované sloužnosti teleskopických prvků (na 14 a 7 MHz jsou takové prvky nezbytné), ale výhodnosti i vliv země na výzrafování vlastnosti. Experimentální optimalizace je v těchto případech tématem nezrealizované a modelové měření nezahrnuje vliv země. Bylo zjištěno, že vypočtená údaj souna mnohem přesnější než naměřené [27].

Tolik tedy úvodem o Yagiho anténách. Nyní si probereme vliv jednotlivých prvků na směrové vlastnosti antény.

Směrové vlastnosti antén

Pro lepší porozumění uvedu na toto téma nejprve několik obecných informací.

Grafické znázornění směrové charakteristiky ve dvou základních rovinách (ho-



Obr. 4. Směrový diagram antény; a) v polárních souřadnicích, b) v pravoúhlých souřadnicích

přesnost při menších úrovních a tím i k získání většího rozsahu se na svislou osu vynáší poměr napětí (nebo proudu) v dB.

Na obr. 4a a 4b je jedna a táz směrová charakteristika znázorněná čtyřmi způsoby. V polárních souřadnicích je nakreslen výkonový (N) a napěťový (E) směrový diagram. V pravoúhlých souřadnicích je zakreslen stejný napěťový diagram (E') a tentýž diagram pro poměr napětí vyjádřeny v dB (ag).

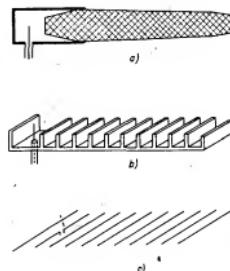
Na první pohled je zřejmý rozdíl v informacích, které poskytujete diagramem (N_1) a (E_4). V obou případech jde o tužek anténu, laik by však považoval anténu s diagramem (N_1) za větší „bíč“. Proto lze nazávají objektivně porovnat antény prostřednictvím stejně zapsaných diagramů. U velmi směrových antén dáváme rozhodnou prednost pravouhlému zápisu v dB. Výkonnostní diagram (N_1) je u většiny směrových antén téměř bezzemny. Používá se spíše u všešměrových vysílačů antén, neboť lepší znázorňuje malé nerovnoměrnosti ve využávání. Např. zmenšení výkonu o 3 dB je ve výkonném diagramu znázorňeno polovičním hodnotou.

Ze směrových diagramů můžeme zjistit hlavní parametry, které většinou do-

statečně charakterizují směrové vlastnosti antény. Pro úplnost si zopakujme, jak je nazýváme a definujeme. Je to nutné, protože podél většinu nebo jen jednu jevů běžně používána různá pojmenování. Příčinou jsou vlivy zahraniční literatury, životy autorů, nebo pouhý záměr, vyjádřit použitým výrazem, zda je o anténu vysílací nebo příjemací, případně jak uvažovanou anténu proměňujeme (většinou jako anténu příjemací). Z toho vše pak pramení ona nejednoznačnost v názvosloví.

Směrová vyuzaovací charakteristika nebo **směrový diagram**, **vyuzaovací diagram**, **diagram záření** nebo **příjmu**, **relativní diagram směrovosti** – měřené antény (při určitém kmitotu a v určené rovině) je grafické znázornění poměru mezi výstupním napětím této antény a maximálním výstupním napětím této antény. Poměr je sledován jako funkce úhlu natočení antény. Budeme-li uvažovat druhou možnou totožnost poměru, dostáváme výkony směrových diagram. **Směrové diagramy** jsou nezávislé na **impedančním** přípůsobení antény.

Stručným vyjádřením směrových vlastností je **úhel příjmu**, nebo **úhel záření**, **vyzařovací úhel**, **šířka svazku**, **šířka či**



Obr. 3. Několik antén s povrchovou vlnou; a) dielektrická anténa buzená vlnovodem, b) „říhověnová“ anténa buzená unipólem, c) Yagiho anténa buzená dipólem

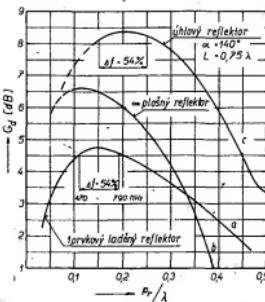
smír prvních postranních maximu po obou stranách hlavního paprsku. Proto se směrové vlastnosti antény doplňují tímto údajem, který se udává v dB v poměru k maximu vyzářování.

Konečným výjádřením směrových vlastností je **provozní zisk antény** (G_p). Je to poměr napětí na výstupu antény, připojené k reálné záťaze, rovné charakteristické impedanci napájecího, pro který je anténa navržena, k napětí na výstupu dipolu $\lambda/2$, zakončeného přípůsobenou záťaze pro každý měřený kmitočet. Obě antény musí být v homogenním elektromagnetickém poli orientovány na maximální příjem. Zisk se výjadřuje v dB. **Provozní zisk zahrnuje jak účinnost antény, tak i vliv impedančního přípůsobení k napájecí.**

Směrovost antény, popř. činitel směrovosti naproti tomu nezahrnuje účinnost antény, ani ztráty neprispěšením. Veličina je dána jen prostorovým tvarem směrového diagramu a jež je přesně vypočítat. Výjadřuje se zpravidla prostým poměrem výkonů, které jsou schopny měřená a referenční (vztahná) anténa v optimálním směru příjemu nebo výzáří. Absolutní činitel směrovosti S se vztahuje k všeobecnému (izotropnímu) zářiči. Relativní činitel směrovosti S_r se vztahuje k dipolu $\lambda/2$. Takže např. směrovost $S_r = 50$ odpovídá (za předpokladu 100% účinnosti antény a dokončeného přípůsobení) skutečné zisk $G_p = 17$ dB, směrovost $S_r = 16$ odpovídá za stejných podmínek zisk $G_p = 12$ dB. Právě tyto údaje bývají často nesprávně interpretovány nebo záměňovány, což vedé k nesprávným informacím. Zdrojem nejasnosti bývá i údaj o zisku antény v dB. Zpravidla se zisk vztahuje k dipolu $\lambda/2$. Příslušné údaje o zisku antén mohou znamenat, že se jedná o zisk vzhledem k izotropnímu zářiči, který je 0,15 dB vzdálej od proti zisku vzhledem k dipolu $\lambda/2$.

Reflektor a jeho vliv

Jak již bylo řečeno, skládá se Yagihovo anténa v podstatě ze dvou částí: ze soustavy zářící-reflektoru a z fády direktoru. U kolem reflektoru je soustředit elektromagnetickou energii (vyzařovanou dipolem) podél fády direktoru, kde se pak šíří jako povrchová elektromagnetická vlna. Délka reflektoru a jeho vzdálenost od dipulu musí být takové, aby se v reflektoru indukovaly v proudy v protifázi, t. j. aby působil skutečný jako reflektor a elektromagnetickou energii odrážel zpět. Musí tedy být vzdálen asi 0,15 až 0,25 d, od dipulu a jeho rezonanční délka musí být $\approx 0,55$. Průběh zisku v závislosti na vzdálenosti p. pro soustavu dipol-reflektor na obr. 5 ukazuje, že vzdálenost p. není kritická. Pomerne malé změny zisku soustavy dipol-reflektoru při různém p. se na konečném zisku celé antény projevují zcela nepatrně, zejména u antén delších. Vzhledem k funkci reflektoru v dlouhé Yagihovo anténě lze soustavu dipol-reflektor nastavit samostatně. Připojením fády direktoru se původní optimální nastavení nezmění. Plati to zejména u antén dlouhých a širokopásmových. V praxi nastavujeme konečnou délku reflektoru tak, abychom na nejlepším kmitočtu pracovního pásma dosáhli využívajícího činitel zpětného příjmu. **Délka reflektoru tedy ovlivňuje dolní kmitočet pracovního pásma.** I s jednoduchým, tzn. jednoprvkovým reflektorem lze dosáhnout značně



Obr. 5. Křivky zisku dipolu $\lambda/2$ s různými reflektory

velkých ČZP – ovšem jen u antén úzkopásmových.

Několikaprvkový reflektor ovlivňuje vělmi CŽP v širším pásma, protože je v podstatě reflektorem širokopásmovým. Po příjem TV, kdy požadujeme, aby CŽP = 20 až 23 dB, postačí dvou až třípruvkový reflektor, uspořádání přibližně podle obr. 2. Extrémním případem širokopásmového reflektoru je mnophaprovková reflektorková stěna, která však v Yagihovo antény CŽP antén zisk již prakticky nezlepšuje.

Protiže několikaprvkový reflektor ztrácí charakter reflektoru delářského, přestává být delka jeho průvku kritickou. Prodložení průvku nepůsobí ani patrně změnění zisku, soustavy dipol-reflektori, ani nezhorší CŽP, přiznivě však ovlivňuje impedanci antény. Proto se u několikaprvkových antér reflektori produzují délka pruvku L_n na 0,55 až 0,64, aniž se tím degradují směrové vlastnosti antény.

Širokopásmové Yagihovo antény na IV. a V. pásmo bývají vybaveny reflektorem úhlovým. Ten přispívá ke zvětšení zisku v dolní části pásma, v něj se postupně zmenšuje vliv direktoru a tím i zisk antény (viz obr. 55). Lze říci, že úhlový reflektor je

nositelem zisku na začátku pásma a fáda direktoru na konci. V principu jde již o anténní soustavu (zdeponěké představíme, o soustavách bude ještě referováno), sestavenou ze dvou principiálně odlišných antén. V kmitočtové oblasti, kde mají obě části této soustavy shodný zisk, je při optimálném uspořádání přírůstek zisku asi 2,5 dB. Přijatelné a vyvážené rozměry může mít tento typ antény jen na IV. a V. pásmu.

Je tedy možné shrnout (viz obr. 5): vzdálenost p. není kritická u žádného typu reflektoru. Pro širokopásmovější ($\Delta f > 5\%$), nebo TV antény se používají reflektory několikaprvkové, které ztrácejí charakter úzkopásmových i delářských pruvků.

Závěc

Zářičem je u běžných Yagihovo antén zpravidla dipol $\lambda/2$. Může být jednoduchý nebo skládací, někdy mívá i jiný tvar. Principiálně se však dipol $\lambda/2$ svým tvarem a provedením na směrovém diagramu celé antény nepodílí, tzn. že anténa se skládacím nebo jednoduchým dipolem $\lambda/2$ má shodný směrový diagram.

Využíváme je celovlný dipol (dipol λ), používaný většinou s úhlovým nebo plátnovým reflektorem u některých širokopásmových antén na IV. a V. pásmo. Víme, že dipol λ má zisk $G_p = 1,7$ dB. Má tedy výjdeřenější směrové účinky ($\Delta f = 60^\circ$) proti dipolu původnímu ($\Delta f = 78^\circ$). Proto je možné budici soustavou reflektoru až širokopásmovým Yagihovo antén zvětšit zisk na počátku pásma až o 1,5 dB. K velikosti maximálního zisku na konci pásma však již prakticky nepřispívá. **Druh, tvar aini rozměry zářiče-dipolu** I.2. tedy nemají vliv na tvar směrového diagramu celé Yagihovo antény, ovlivňují však rozhodujícím způsobem její impedanci. O tom však pozdeji.

Direktory – jejich rozměry a počet

Direktory mají i rozhodující vliv na směrové vlastnosti antény. Jejich nesprávné rozměry výbíjají nejčastěji příčinou nevhodujících směrových vlastností. Proto si jejich působení vysvětlíme podrobněji, i když s jistým zjednodušením.

Víme, že dlouhou Yagihovo anténou můžeme uvažovat jako anténu s povrchovou vlnou, popř. jako anténu dielektrickou. Pravé dielektrikum skutečných dielektrických antén je u Yagihovo antén nahrazeno „dielektrikem umělým“, které tvorí prostor, jakýsi vlnový kanál, vytvořený (avyužený) fádou pasivních pruvků, jejichž elektrická délka musí být kratší než $\lambda/2$. Je to tedy fáda direktoru, která je schopna toto dielektrické prostředí vytvořit a věst povrchové elektromagnetické vlny. Při této příležitosti je vhodné poznat, že v sovětské literatuře je Yagihovo anténa výstřížně nazývána „vlnový kanál“.

Při řízení elektromagnetických vln v dielektrickém prostředí zavádime pojem fázová rychlosť sítření. V prostředí s permittivitou (dielektrickou konstantou) větší než 1 ($\epsilon > 1$) je fázová rychlosť sítření elektromagnetické energie menší než rychlosť světla ve výšem prostoru. Vlnová délka se tedy zkracuje. Příkladem může být sítření vln v souosých kabelech s polovinyžlevným dielektrikem, jehož $\epsilon = 2,3$ (plné dielektrikum) nebo $\epsilon = 1,5$ (pěnové dielektrikum). Použití dielektrikum zkracuje vlnovou délku na kabelu tak, že „elektrická délka“ kabelu je vždy větší, než jeho skutečná fyzikální délka. Zkrácení vlnové délky ($k = 1/\sqrt{\epsilon}$, popř. fázová

Vážený čtenář!

Tímto článkem začínáme v řadě AR-B na vhodných místech v sešíti „pod čarou“ tisknout formu krátkých výňatků informace a citáty ze zasedání ústředních stranických a svazarmovských orgánů, které se svým zameřením přiměly dojít k problematice rozvoje elektroniky v národním hospodářství a v branných sporotech. V tomto čísle to jsou výňatky ze závěru XVI. sjezdu KSC.

– V elektronickém průmyslu využívají rychlost rozvoje výrobních kapacit s maximálním využitím výzkumné vývojového potenciálu a spolupráce s socialistickými zeměmi. Zvýšením výroby o 40 až 50 % vytváří podmínky pro elektronizaci národního hospodářství. Přednostním rozvojem elektroniky a závláště mikroelektroniky soustavně zvyšovat užitnou hodnotu výrobků a technologií v rozhodujících odvětvích a oborech národního hospodářství. Urychlovat tím růst produktivity práce a snížit spotřebu energie a materiálu.

rychlosť šírenia elektromagnetických vln v súosém kábelu je tedy dáná vlastnosťmi dielektrika. Chová-li sa tedy prostor podél fády direktoru (vlnový kanál) ako dielektrikum, je jeho vlastnosťmi nutné ovplyvniť fázovú rychlosť šírenia povrchové elektromagnetické vlny a tím i smérkovú vlastnosť antény.

Cím větší je fázová rychlosť šíření podél antény, tim větší je jej zisk. Pro anténu dané délky lze vždy stanovit optimální vektorstvo této fázové rychlosťi, které lze dosáhnout vhodnými rozdíly direktorové řady. Jakákoliv jiná fázová rychlosť šíření způsobí zmenšení zisku. Pro úplnost dodejme, že matematické výjádky tohoto vztahu je tzv. Hansen-Woodyardova podmínka [28]:

$$\frac{v}{c} = \frac{L/\lambda}{L/\lambda + 0.5}$$

kde v je fázová rychlosť šíření podél dielektrické struktury (podél direktoru), c rychlosť šíření v volném prostoru, popr. rychlosť světla a L/λ celková délka antény, vyjádřená v příslušné vlnové délce.

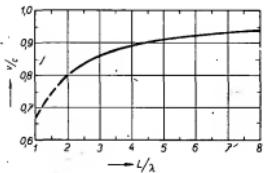
Grafické znázornění tohoto vztahu je na obr. 6. Experimentátori si mohou fázovou rychlosť změřit. Vytvoříme-li podél

kompenzovat zkrácením direktoru. Takže **anténa určité délky bude mít ná daném kmitotv. stejný zisk při "hustých" a "krátkých" direktorech, jako při "řídkých" a "delších" direktorech.** Jak je zřejmé, **může mít tedy anténa dané délky optimální zisk s různými kombinacemi délek, průměrů a roztečí direktorů.** Existuje však jistá maximální rozteč, $p = 0.4\lambda$, po jejímž překročení se vazba mezi direktory zmenší, že zisk antény trvale klesá (viz obr. 7, na němž je vyznačen zisk Yagiho antény dlouhé 6λ v závislosti na rozteči p direktor-

va příjmu) i úroveň postranních laloků. Za maximem, na výškách kmitočtových se zisk zmenší, že náleží vlivem rychlosťi se zvětšujících postranních laloků. I když proti takové anténce (s postranními laloky 10 dB) nelze mít z hlediska zisku námitky, jeví se jako méně výhodná zisk provozních hledi- lu se totiž při směrování antény objeví obraz přijímané stanice tříkrátky, takže anténa se jeví jako vicesměrová (směrování není jednoznačné). Výrazně postranní laloky mohou někdy zdůraznit příjem odstražených signálů (duchů). Na druhé straně lze někdy s výhodou využít ostrého minima, odslužující postranní lalok od hlavního, k potlačení odstraženého signálu, který dopadá na anténu ze směru blízkého směru k žádané stanici. Tuto maximum je velmi ostré, proto je třeba anténu směrovat velmi pozorně. To jsou tedy praktické důsledky použití antén s postranními laloky, tj. antén s konstantními rozměry direktoru a jejich roztečí.

Odstraněním, případně zmenšením úrovne postranních laloků při současném zachování zisku se zavádají některé teoretičké práce [14], [17], [29]. UKazuje se, že na rozdíl od předchozího uspořádání, kdy zůstává fázová rychlosť konstantní po celé délce antény (konstantní rozměry

Obr. 7. Vliv rozteči (p) mezi direktory na zisk Yagiho antény



Obr. 6. Optimalní zkrácení vlnové délky, podél Yagiho struktury. Grafické znázornění podmínky Hansen-Woodyardovy

Yagiho antény stojaté vlny pomocí dostačující vlnové délky umístění před posledním direktorem. Ize ve vzdálosti minimu nebo maximu zjistit délku vlny a tudíž i fázovou rychlosť šíření podél antény. Při měření se anténu napříjde vlnovým generátorem a stojaté vlny se indikují sondou – nepatrným dipolem ($L = 0.1\lambda$ až 0.02λ) těsně podél fády direktoru. Rozměry sondy musí být malé, aby se nenarušilo rozložení elektromagnetického pole.

Lze dokázat, že fázová rychlosť šíření povrchové elektromagnetické vlny je menší než rychlosť ve volném prostoru, je-li rezonanční délka direktoru kratší než $\lambda/2$. To je první podmínka pro vznik směrového účinku.

Dále platí, že se fázová rychlosť

- zvětšuje se zkracováním direktorů, ale zmenší se jejich rostoucím průměrem,
- zvětšuje se s rostoucí roztečí direktorů,
- zmenší se zvýšující se kmitočtem.

Je vědět, že všechny závislosti jsou ve vzájemném vztahu. Prakticky to znamená:

Cím je anténa delší, tim kratší musí mít direktory (aby bylo dosaženo optimální fázové rychlosťi, popř. optimálního zisku). Nahradíme-li direktory optimální délky jinými a větším průměrem, zmenší se fázová rychlosť i zisk. Aby bylo znovu dosaženo optimálního G_z , je nutná tlustší direktory zkrátit;

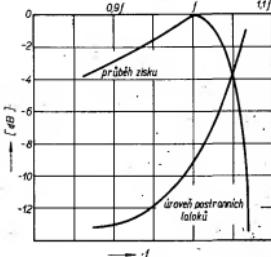
Cím je anténa delší, tim mají být rozteče direktorů větší. Z toho dlelo logicky vyplyvá, že při užití většího počtu direktorů (čili s menšími roztečemi) lze zmenšení zisku

(rů). Je vědět, že pro $p > 0.4\lambda$ se zisk zmenší, že výrazně. V praxi není příliš výhodné využívat maximální rozteče mezi všemi direktory. Směrovost antény je kmitočtově méně závislá při menším p , kritičnost nastavení délky. U širokopásmových antén se většinou volí $p = 0.3\lambda$. U dlouhých jednokanálových TV antén nebo u antén pro využití amatérského pásmu VKV lze využít rozteč $p = 0.4\lambda$ zmenší počet direktorů na minimum. Pro lepší vazbu na tak řídkou řadu direktorů je vhodné zmenšit rozteče mezi dipolem a prvními direktory, popř. přejít na maximální rozteče 0,4 a postupně.

Maximální zisk antény určité délky je tedy dán optimální fázovou rychlosťí, čili vhodnými rozdíly direktorů. Pokud jsou délky, průměry a rozteče direktorů konstantní, je konstantní i fázová rychlosť povrchové elektromagnetické vlny podél antény. Typickým znakem takové antény (se stejnými direktory ve stejných vzdálenostech) jsou poměrně výrazné postranní laloky v obou rovinách. Na kmitočtu maximálního zisku jsou tyto postranní laloky nejelé 10 dB pod úrovňou maximálního diagramu, což odpovídá zmenšení napětí na vstupu přijímače na 0,32 max. výkonu – viz obr. 8, na němž je charakteristický průběh zisku a úroveň postranních laloků Yagiho antény s konstantní délkou; přiměřený rozteč direktorů. Na nižších kmitočtech je zisk výrazně vyšší, než v oblasti maximálního diagramu. Zároveň se významně zmenší postranní laloky, když se zvětší rozteč direktorů.

Maximální zisk antény určité délky je tedy dán optimální fázovou rychlosťí, čili vhodnými rozdíly direktorů. Pokud jsou délky, průměry a rozteče direktorů konstantní, je konstantní i fázová rychlosť povrchové elektromagnetické vlny podél antény. Typickým znakem takové antény (se stejnými direktory ve stejných vzdálenostech) jsou poměrně výrazné postranní laloky v obou rovinách. Na kmitočtu maximálního zisku jsou tyto postranní laloky nejelé 10 dB pod úrovňou maximálního diagramu, což odpovídá zmenšení napětí na vstupu přijímače na 0,32 max. výkonu – viz obr. 8, na němž je charakteristický průběh zisku a úroveň postranních laloků Yagiho antény s konstantní délkou; přiměřený rozteč direktorů. Na nižších kmitočtech je zisk výrazně vyšší, než v oblasti maximálního diagramu. Zároveň se významně zmenší postranní laloky, když se zvětší rozteč direktorů.

Zároveň se zmenší postranní laloky, když se zvětší rozteč direktorů.



Obr. 8. Charakteristický průběh zisku a úroveň postranních laloků (maximální Yagiho anténa s konstantní délkou (L_0) a roztečí (p) direktorů

antétorů), je výhodné takové uspořádání, že se fázová rychlosť lineárně zvětšuje nebo periodicky mění.

V praxi to znamená, že postranní laloky lze zmenšit postupným zkracováním direktorů směrem od záříce, nebo postupným zvětšováním rozteče mezi direktory, případně kombinací obou způsobů – direktory se postupně zkracují a současně se zvětšuje jejich rozteč. Směrový diagram se sice poněkud rozšíří, „začne“ ztráty postranních laloků, zisk však zůstane téměř stejný, případně se poněkud zmenší – při „rychlejším“ zkracování prvků, tj. u širokopásmovějších antén. Jistým měřítkem „rychlosti“ zkracování direktorů je poměr délek prvního a posledního direktoru (nebere se v úvahu délka direktoru kompenzačního – viz dlela). Uvedených poznatků se výhodou používá zvláště v TV přijímacích antén, jak je ostřejší zřejmě i z rozměrového buňky vybraných a ověřených typů antén (tab. 2).

Rychlosť zmenší délky a rozteče direktorů závisí na délce antény a sice kmitočtového pásma. Cím je anténa delší a úzko-

pásmovejší, tím se délky zkracují povolovější a tím dříve je možné zvětšit rozteč na maximum (0,4λ). Je-li třeba překrýt síru kmitočtového pásma, direktory se zkracují intenzivnější a rozteče se zvětšují pomaleji. Koncově rozdíly jsou nákoně většinou záležitostí experimentální.

Experimentálně bylo též ověřeno, že u dlouhé antény Yagi s konstantní délku direktorů lze zkrácením posledního délku toru (asi o 2 až 3%) zlepšit ČZP antény o několik dB. V principu jde o zmenšení diskontinuity mezi dielektrickým prostředím (prostorem) direktorové fády a volným prostorem.

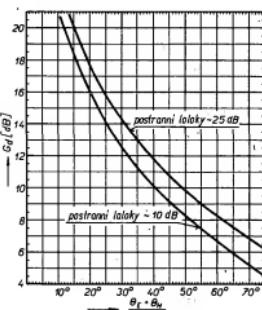
Tolik tedy k lišivu direktorů na směrové vlastnosti antény.

Délka antény

Z toho, co bylo dosud uvedeno plyne, že zisk antény je dán především celkovou délkou antény. Aby byly vytvořeny podmínky k dosažení optimálního zisku je třeba vhodně volit délky a rozteče pasivních prvků (především direktorů). Z předchozího víme, že jsou možné různé způsoby optimálního uspořádání direktorů. U antén stejně délky však nutně musí vést k prakticky stejném zisku.

Závislost zisku Yagiho antény na její délce je na obr. 9. Tlustá čára ohraňuje dosažitelné maximum. Byla stanovena experimentálně z četných měření různých

diagramu. Bud se směrový diagram plani-metruje [33], což je přesné, ale zdlouhavé a pracné, nebo se zisk určí jen z velikosti úhlu příjmu (záření) v obou rovinách. Jde o způsob jednoduchý, v praxi zcela používaný. Nemusíme měřit celý směrový diagram, stačí stanovit pouze úhly pro pokles signálu o 3 dB v obou rovinách (Θ_x , Θ_y). Z nich pak pomocí grafu na obr. 10 určíme předpokládaný zisk. Graf platí pro jednosměrný diagram, tzn. s poměrně dobrým ČZP a nevelkými postranními laloky (≈ 10 dB).

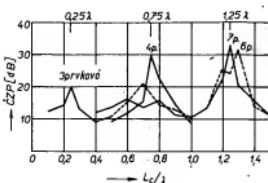


Obr. 10. Zisk jednosměrné antény v závislosti na úhlu příjmu - záření (θ). Uvažujeme se průměrná velikost úhlu z obou rovin.

Pokud není k dispozici cejchovaný útulový člen nebo přijímač s ocejchovaným indikátorem, je možné určit jednoduše a s dostatečnou přesností úhel příjmu z úhlu mezi směry obou minim, oddělujících hlavní lalok od lalok postranních. Zjistěný úhel je přibližně dvojnásobek hodaného úhlu příjmu. Měl by se zjistit opět v obou rovinách, protože graf na obr. 10 platí pro průměrnou hodnotu úhlu příjmu; ($\Theta_x + \Theta_y$)/2. Někdy to je obtížné a tak využijeme závislosti mezi úhly příjmu v obou rovinách a délku Yagiho antény v oblasti maximálního zisku, znázorněnou na obr. 11. Změněný úhel (zpráva

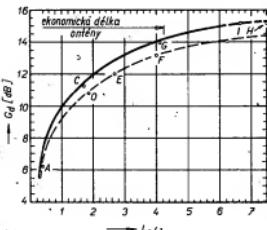
vidlá Θ_x) doplníme odpovídajícím úhlem (Θ_y) a zjistíme průměr. Cím je měřená anténa delší, tím je mezi Θ_x a Θ_y menší rozdíl. Zkušenosť ukazuje, že zisk Yagiho antény stanovený tímto způsobem, tj. pomocí grafu na obr. 10, se při dobrém přizpůsobení téměř neliší od skutečného zisku. Podle grafu v obr. 9 a 10 můžeme též přibližně kontrolovat firemní katalogové údaje, případně parametry antén, publikovaných v různé literatuře.

Celková délka antény má jistý a zajišťovat vliv i na ČZP antény. Pouze vypočteno [27] a ověřeno, že ČZP může dosáhnout velmi přiznivých velikostí na kmitočtech, pro které je celková délka antény (L_c přesněji vzdálenost mezi reflektorem a posledním direktorem) nezávislá na počtu direktorů, lichých násobkem $1/4$. Na obr. 12 jsou vypočteny velikosti ČZP pro 3



Obr. 12. Vliv délky antény na činitel zpětného příjmu - záření

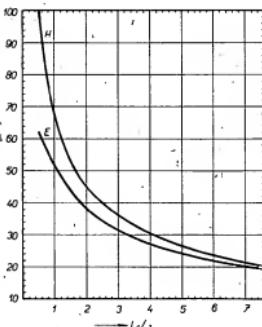
až 7prvkové antény a délce 0,1 až 1,5λ s jednoprvkovým reflektorem. Nebudeme zahálat do podrobností; v principu jde o výpočet řady s podélným vyzářováním (tzv. end-fire array). Obtížnost tkví v tom, že na rozdíl od klasických radionádrů jde o řadu prvků nenapřájených – parazitních. Praktické využití tohoto jevu se nabízí především pro antény s délkou 0,25 a 0,75λ na pásmech KV. Na VKV je použití několikaprvkových reflektorů zárukou dostatečné velikosti ČZP – i když se v tomto směru experimentování meze nekladou – a v zásadě by se měl vliv lichých násobků $\lambda/4$ uplatnit i zde.



Obr. 9. Maximální zisk Yagiho antény v závislosti na její délce (Lc)

typu. V praxi se naměřené maximální zisky pohybují v oblasti omezené oběma křivkami. V obrázku jsou též vyznačeny maximální zisky vybraných anten, zárazených do tab. 2. Některé prameny stále ještě uvádějí nesprávné údaje, založené na předpokladu, že každé zvýšení délky antény přináší přírůstek zisku 3 dB, což neodpovídá skutečnosti. Je rovněž nesprávné charakterizovat zisk počtem prvků, protože i při různém počtu direktorů na ráhnu stejně délky lze při optimálním uspořádání dosáhnout stejněho zisku.

Graf na obr. 9 pomůže též odhadnout předpokládaný, popř. maximálně možný zisk jednoduché Yagiho antény. O skutečné velikosti zisku se můžeme přesvědčit jen měřením. V principu je to měření jednoduché, jeho správné provedení je však z celé fády příliš neobvyčejné obtížné. Je tím obtížnější, čím rozdílnější anténu měříme. Proto se v praxi obvykle odvozuje velikost zisku ze směrového



Obr. 11. Vztah mezi úhly příjmu - záření (Θ_x a Θ_y) v obou rovinách a délku Yagiho antény (L_c) v oblasti maximálního zisku

uspořádání a všechny rozměry antény podle zásad, uvedených v předešloží kapitole, pak má anténa optimální směrové vlastnosti, vyjádřené prostorovým tvarem směrového diagramu. Je-li anténa též dobrá, impedianční přizpůsobení, má i odpovídající zisk. Proto se jen **impedianční přizpůsobení antény je projevi energetického přenosu, využívající z její směrovosti.** Přitom ovšem předpokládáme i velmi dobrou učinnost, tj. nepatrně nebo žádně činné ztráty v aktivních i pasivních prvcích antény. S touto vlastností však u Yagiho antén počítat můžeme.

Otázka impediančního přizpůsobení je spojená se všemi druhy ztrát na napájecí mezi anténu a přijímačem (vysílačem). Tyto ztráty vznikají a jsou ovlivňovány jednak vlastním útlumem napájecí a jednak činitelstvem stojatých vln (CSV), který by měl být co nejmenší, popř. by se měl blížit jedné.

Povolená velikost ČSV závisí na druhu a použití antény. Všeobecně je možno považovat ČSV = 2 za dobrý (dochází ke ztrátě signálu 0,52 dB) a ČSV = 3 za přijatelný (ztráta odrazem čini 1,25 dB). Při

$\hat{\text{C}}\hat{\text{S}}\hat{\text{V}} = 6$ je ztráta již větší než 3 dB. Menší $\hat{\text{C}}\hat{\text{S}}\hat{\text{V}}$ vyžadují u antén vysílačích. Čs. normy však vyžadují velmi malé $\hat{\text{C}}\hat{\text{S}}\hat{\text{V}}$ i pro TV přijímač antény. $\hat{\text{C}}\hat{\text{S}}\hat{\text{V}}$ má být na obrazovém kmitočtu ≈ 1.6 , popř. ≈ 1.3 pro televizní kabelový rozvod.

Určení správných rozmezí antény k ziskání optimálních směrových vlastností je u většího Yagiho anténu, jak již bylo řečeno, v konečné fázi záležitosti experimentální. V menší míře to platí i o impedanci. Ta se zjistuje a nastavuje zásadně až po definitivním nastavení vlastnosti směrových. Vychází se z naměřeného průběhu impedance v pracovním kmitočtovém pásmu. Potřebné změny a úpravy rozmezí se u Yagiho antény mohou dlejší nejčastěji pouze v obvodu záříče – dipolu. Pokud nelze zabezpečit správné impedance přípůsobení jen typem a rozmezím záříče, zářídi se mezi napájecí a dipolu vhodný přizpůsobovací obvod (transformátor, bočník, paralelní nebo sériové vedení-apod.). **Všechny změny v obvodu záříče Yagiho antény nemají vliv na tvar směrového diagramu, jíž dříve nastaveného rozmezí a roztečemi pasivních prvků.** Na druhé straně však jakákoli změna délek, průměrů či roztečí pasivních prvků, zeměna nejbližších, má vliv na přípůsobení, popř. impedance antény.

Nekterým ze zmiňovaných způsobů lze anténu impedance přizpůsobit po předchozím změnění impedance na základě přesného výpočtu. Jistě obžije lze očekávat na vyšších kmitočtech, kde se většímu nevyhneme konečnému „doladění“. Jinak kontrolní měření zpravidla jen potvrdí, že vypočtené parametry kompenzačních popř. přizpůsobovacích obvodů vyhovují požadavkům. Tento způsob předpokládá přesně změnit obě složky impedance (reálnou a reaktanční), vhodným a většinou drážným a nesnadno dostupným přístrojem.

Uvedený způsob měření, běžný v profesionální praxi, lze též realizovat amatérskými prostředky. Nicméně i za těchto okolností je možné amatérsky zhotovené antény zkusit přizpůsobit jednoduchými prostředky. Je ovšem nutné seznámit se s problematickou přizpůsobení Yagiho antény obecněji a vynutit se tak zhruba chybám již předem. Proto se v datním textu zmíní o některých základních souvislostech mezi impedancí Yagiho antény a jejím rozmezím.

Volba impedance antény je ovlivněna půdešivším druhem a charakteristikou impedanci zvoleného napájecího. Nejčastěji je to sousoj kabelu o impedanci 75 případně 50 Ω , nebo souměrná, většinou nestíněná dvoulinka o impedanci 240 až 300 Ω .

Podle napájecí volby i druhu záříče, většinou je to dipol $J/2$. Skládaný dipol je dnes nejúžíváníším typem záříče Yagiho antény od 50 MHz výše. Vzhledem k celkové (mechanické i magnetické) odolnosti je výhodně používat skládané dipoly se stěným průměrem obou vodicí, tj. zhotovených z jediné trubky, i když je to na nižších kmitočtech při amatérské realizaci méně pohodlné.

Vlastní impedance záříče je v Yagiho anténu ovlivňována a méně se působením ostatních pasivních prvků, jejichž vliv na celkovou impedanci antény je tím větší, čím tésnější je vzhledem k výběru, tj. čím jsou záříče blíže a čím více se svýjí délku blíží jeho rezonanční délce. **Největší vliv tedy mají reflektor a zejména první direktor.** Platí to zvláště pro krátké, úzkopásmové antény na pásmu KV, na nichž se používají minimální rozteče p a p_1 (0,1 až 0,15). Malý rozdíl v rezonančních délkách reflektoru a direktoru, nutný k dosa-

žení optimálních směrových vlastností v úzkém pásmu, značně zmenší impedance záříče – anténa se staví i z hlediska impedančního úzkopásmovou a tudíž i citlivou na nepatrné změny rozmezí.

Impedance antén víceprvkových, popř. antén delších, se přitom nezmění tolik, jak impendence velmi krátkých antén úzkopásmových. Tato skutečnost není většinou známa a všeobecně se má zato, že se zvětšujícím se počtem prvků se zmenšuje impedance („odpor“) antény.

K vysvětlení této skutečnosti je třeba připomnout vztah mezi délou antény a optimálním ziskem, popř. optimální fázovou rychlosť. Čím je anténa delší, tím větší fázovou rychlosť je nutné vložbou základního rozmezí nastavit. Fázovou rychlosť se zvětšuje se zkracováním direktoru. Čím je tedy anténa delší, čím má více direktorů, tím musí být direktory kratší, a čím jsou direktory kratší vzhledem k rezonanční délce dipolu, tím méně ovlivňuje jeho původní impedance. Zvětšující se počet direktorů, popř. produkování antény není tedy spojeno s tak výrazným zmenšením impedance, jak u antén krátkých. Impedance se zmenší tím méně, čím je anténa širokopásmový. Vzájemně „rozdálení“ mezi rezonančními délky direktorů, záříče a reflektoru je u širokopásmových antén značně, takže původní impedance dipulu se zejména na začátku a uprostřed pásmu zmenší na méně. K výraznemu zmenšení impedance antény dojde až u nejvyšších kmitočtů pracovního pásmu. Tím je zpravidla ohrazeno pracovní pásmo antény na nejvyšší kmitočtu. **Přesnévá impedance a směrové vlastnosti delších Yagiho antén mají přiblžně shodný charakter v tom smyslu, že směrem k výššemu kmitočtu omezuje použitelnost antény náhle, zatímco směrem ke kmitočtu nízšemu pozvolna.**

Z konstrukčného výrobních hledisek (zvláště u tovární výroby) je žádoucí používat záříče – skládané dipoly – zhotovené ohnutím jediné trubky. Průměry obou vodicích dipulu jsou pak stejné, transformační poměr je 1:4 a jeho impedance je tedy asi 300 Ω . Týto dipoly jsou výhodné i z hlediska klimatické odolnosti, protože nejvíce koncích nemohou vzniknout korodující spoje, které se vytvářejí mezi spojovacími díly působením povětrnostních látiv v chemicky agresivním průmyslovém ovzduší.

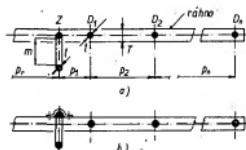
Dále je výhodné, vzhledem k použití podstatně levnějších nestíněných souměrných napájecích (dvoulinka), aby se impedance antény, především televizních, pohybovala kolem 300 Ω . Je to výhodné i v oři se stavování anténních soustav.

Požadované prameníci z požadavků zachovávají původní impedance skládaného dipulu v kompletní anténě řeší tzv. kompenzační direktor, umístěny velmi blízko u dipulu ($p_1 = 0,03$ až $0,1$). Rozmezí dvoujice dipolů – kompenzační direktor lze v širším pásmu značně ovlivnit impedance antény, bez

patrného vlivu na již nastavené vlastnosti směrové. Není problémem udržet impedanci antény v okolí 300 Ω i v širším kmitočtovém pásmu. Z tohoto důvodu se již velmi zřídka využívá konstrukci antén skládaných dipolů s jiným transformačním poměrem než 1 : 4, tj. s nestejnými průměry trubek napájené a nenapájené části.

Rozmezové uspořádání dvojice skládaných dipolů – kompenzační direktor se nastavuje experimentálně na nejmenší $\hat{\text{C}}\hat{\text{S}}\hat{\text{V}}$, měřený vhodným přístrojem – nejednodušší reflektometrem. V nouzové využívání i nastavení na nejmenší signál (obr. na příjmači). Nakonec se anténa dodává většinou již jen zmenšou p_1 .

Všechny ověřené antény, vybrané do tab. 2, jsou vybaveny dvojicí dipolů – kompenzační direktor. Je vidět, že jejich rozmezí se pohybují zhruba kolem průměru: $L_2 = 0,55\lambda$; $L_0 = 0,46\lambda$; $p_1 = 0,04\lambda$. Vlnová délka se vztahuje k nejvyššímu kmitočtu pracovního pásmu, počítají jako v tab. 2. Charakteristický je téměř shodný rozmezí p a p_1 díky použití v obou délkách prvků a jejich rozteči (souvislost rozmezí a roztečí je v ovlivněny rozmezí a roztečí dalších



Obr. 13. Doporučené vzájemné uspořádání záříče a direktorů na rámu antény

Obr. 14 je na 4. straně obálky

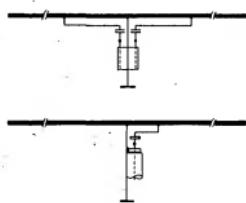
direktorů a šířkou pásmu. Z těchto důvodů není možné zpracovat vzájemné rozmezí vztahy dvoujice dipolů – kompenzační direktor do tabulkové formy. Je těžko se přidržet ověřených údajů konstrukčního návodu a v nejistých případech volit L_2 spíše větší a L_0 menší.

CSV naměřené u jednotlivých typů antén, zárazených do tab. 2, potvrzují použitelnost tohoto druhu impedanční kompenzační – i u antén pro širší pásmo v širokém rozsahu kmitočtů.

Yagiho antény mohou být pochopitelně opatřeny i jinými druhy záříče, popř. napájení. Je to např. skládaný dipol koaxiální, u něhož je kabel zavlečen do dipolu středem nenapájené části a připojen ke svorkám již bez další symetrizace (obr. 14). Vstupní impedance antény se však v tomto případě musí shodovat s impedancí napájecí (tj. 50 nebo 75 Ω). Používá se i tzv. bočníkové napájení, symetrické nebo nesymetrické (tzv. gamma-match). Je to ovšem přizpůsobení úzkopásmové, citlivé na nastavení bočníkové transformace a volbu kapacit, kompenzujejících

– Ve strojirennství zvyšovat podíl výrobky – automatizovaných a automatických strojů a strojních systémů. Ve větším rozsahu využívat výrobu jednoúčelových strojů a automatizovaných linek. V širším mřeži využívat elektronických prvků a urychleně osovovat výrobu strojů s CNC – systémy na bázi mikroprocesorů.

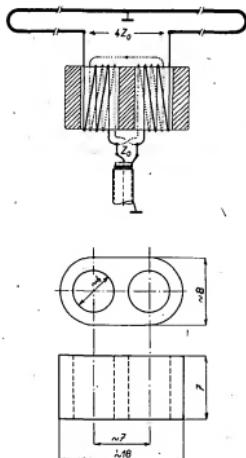
indukční reaktanci bočníku. Objevuje se častěji u úzkopásmových komunikačních antén pro KV. Jeho úspěšná aplikace na VKV (jen pro úzké pásmo) předpokládá dokonale mechanické provedení, na kterém závisí přizpůsobení i symetrie buzení (obr. 15).



Obr. 15. Bočníkové napájení dipolu: a) symetrický bočník - tzv. delta match, b) nesymetrický bočník - tzv. gamma match

Z téhoto a nejen z téhoto důvodu tedy preferujeme výše popisovanou kombinaci skládaný dipol - kompenzační direktor, která zaručuje vstupní impedanční 300 Ω a tím i nejednodušší napájení souměrným napájecím - „dvoulínkou“.

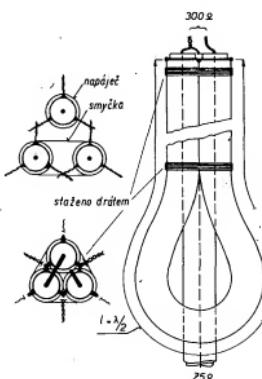
Při napájení souosým kabelem se použije některý z širokopásmových elevátorů, vinutých na feritovém tělisku (pro I. až III. pásmo), nebo tvarové shodném tělisku z organického skla (pro IV. a V. pásmo) (obr. 16). Téměř bezeztrátová $\lambda/2$ symetrická



Obr. 16. Širokopásmový transformační a symetrikační člen - elevátor: a) zapojení, b) rozměry těliska na IV. a V. TV pásmo.

Materiál: organické sklo apod.

zační a transformační smyčka je použitelná pro pásmo do 10 % na libovolných kmitočtech (obr. 17); podrobné konstrukční údaje o symetrikačních obvodech byly uvedeny v AR řady B, č. 6/1981.



Obr. 17. Transformační a symetrikační smyčka, doporučené uspořádání. Skutečná délka smyčky je 0,41 pro pěnové PE dielektrikum a 0,39 pro plné PE dielektrikum

Na závěr zdůrazňujeme, že napájení antén souosým kabelem by mělo být přednostní, mimo jiné je to i v shodě s konceptem moderních TV přijímačů, které mají již jen jeden vstup a to souosý. Elektricky správnější je udeřit symetrizací přímo u antény, než až vstupu přijímače. Usmadřuje to též návrh, konstrukci a nastavení různých filtrů, vazebních členů, výhybek, přepínaců i antenních zesilovačů v souosem provedení.

Konstrukční a mechanická hlediska stavby antén

Venkovní antény jsou trvale vystavěny nepříznivým atmosférickým vlivům. Proto musí být konstruovány tak, aby po mechanické i elektrické stránce zůstaly trvale zachovány jejich původní vlastnosti. Vlastní konstrukce a provedení jsou právě tak důležité, jako správná funkce po stránce elektrické. Praxe ukazuje, že nevhodnou konstrukci a špatnou povrchovou ochranou kritických míst (u antény s dobrými elektrickými vlastnostmi) po delším (ale i krátkém) používání znehodnotí. Při konstrukci je třeba uvažovat i hlediska bezpečnosti a snadnosti montáže.

Při návrhu antény je třeba počítat s trvalým působením, a častým střídáním této vlivů - silný, nárazový (dimenzování prvků a stozáru) i slabý, kterým se uvádějí prvky do určité rezonanční a v jistých místech dochází k unávě materiálu a destrukci prvků.

děš - (zatékání do ochranných krytů a napájecího),

nárazu,

změna teploty,

chemické vlivy ovzduší (zvláště v blízkosti komínů a ve městech vůbec).

Působení těchto vlivů není všude stejně. V horských oblastech korodují antény zpravidla méně, ale s ohledem na častější výskyt nárazů budou nároky na pevnost, prvků vyšší. I při amatérské konstrukci je třeba pamatovat na to, že ČSN 367210 připouští jen ty antény, u nichž jsou všechny prvky spojeny vodivě s kovovou nosnou konstrukcí, takže anténu lze chránit před účinky atmosférické elektřiny podle ČSN [42].

Hlavní konstrukční zásady - volba materiálů a povrchová ochrana

Aktivní a pasivní prvky Yagiho antén se obvykle zhotovují z lehkých slitin. Ocelových plechů a trubek se užívá jen v větší příchytky prvků nebo uchycení ráhna ke stozáru (obr. 18, 19, 20). Nejvhodnější

Obr. 18, 19 a 20 jsou na 4. straně obálky

jsou lehké slitiny hliníku a mangánu, nebo hliník a magnezia, laicky nazývané „dural“. Čisté hliníkové trubky jsou pro anténní prvky méně vhodné vzhledem k tomu, že hliník je malo pružný a poměrně měkký. Jeho neplíjemnou vlastností je tzv. „tečení“. Je to trvale postupující deformace působením tlaku, která je tím větší, čím je hliník měkký a stýčný tlak větší. Neplíjemej se to může projevit např. uvolněním přívodu napájecího, přitáženého k hliníkové trubce, nebo posunutím pohyblivých dodávacích konců antén KV při ovládání stahovacích konců prvků apod. Na druhé straně se z hliníkových trubek dobře ohýbají skládané díly.

Zcela nevhodným materiálem je mosaz. Mosažné trubky na volném ovzduší, především vlivem mrazu, rychle podléhají zkáze. Štípu se, praskají a ulamují se.

Trvalá funkce antény je podmíněna vhodnou povrchovou ochranou, která zabraňuje korozii všech součástek vystavěných nepříznivým vlivům ovzduší. Ozátkám spojeným s protikorozivní povrchovou ochranou antén je v poslední době věnována velká pozornost. Snahou je chránit anténu tak, aby se podstatně prodloužila doba jejího života.

Amatérskými prostředky je pochopitelně obtížné zhotovit dokonalou povrchovou ochranu u antény. Zcela však postačí učinit s dosažitelnými prostředky taková opatření, která zabrání zhorubné korozii v místech mechanických spojů, a zaručí možnost demontovat anténu i po delším užívání těmi nástroji, jakými byla sestavena. Dokonalá nezrozebatelnost po určité době užívání bývá totiž jedním z nejvýznamnějších nedostatků mnoha amatérských i profesionálně zhotovených antén.

Praxe ukazuje, že velmi účinným ochranným prostředkem je známý RESISTIN ML. Po sestavení antény jím potřebme všechny rozebatelné i nezrozebatelné spoje připádat celou anténu. Je výhodné namíchat na výši teploty ($> 15^{\circ}\text{C}$). Vznikly vodový povlak chrání velmi dobře celou anténu včetně rozebatelných (šroubovacích) spojů, takže ani po delší době nedemontáž antény potíže - a to umyti benzinem vypadá anténě jako nová.

Součásti zhotovené z lehkých slitin nebo z hliníku se obvykle eloxují. Na jejich povrchu se vytvoří 10 až 20 mikronů

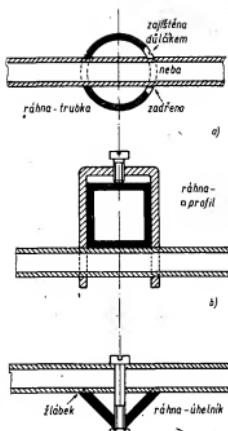
tlustá, neobvyčejně tvrdá vrstva umělého kyslicníku (oxidu), která má vynikající ochranné vlastnosti. Barevné „elox“ pak dodávají anténám i atraktivní vzhled. Amatérskými prostředky lze takovou ochranu udělat stěží. Mechanické a elektrické vlastnosti těchto lehkých materiálů, vystavených bez jakékoli povrchové ochrany přímořímu vlivu, jsou naštěstí v porovnání s ocelí nezhorší, takže při amatérské výrobě antén nemají eloxování nutné. Povrch se sice po krátké době pokrýje tenkou vrstvou pírozeného oxidu, která zdaleka nemá vynikající vlastnosti oxidu umělého, ale do značné míry materiál chrání, takže korozie dále nepokračuje. Umělé a pírozené kyslicníky jsou však dobrým izolantem, což je třeba uvažovat při montáži spojů (především v místech s malou impedancí). Spojovaná místa musí být proto předem mechanicky očištěna.

Rovněž vlastnosti vodičů (prvků), pokrytých touto vrstvou pírozeného oxidu, nejsou znatelně horší. Je známo, že v proudy protékají prakticky po povrchu vodičů (skineffekt), proud směrem do houbky materiálu se zmenšuje exponenciálně. Čím je kmitočet vyšší, tím menší je tzv. houbka vnikání a v tomto vztahu vody proudy tekou. Tak např. na 200 MHz je to pro med 0,005 mm a pro hliník 0,006 mm [31]. Při výrobě VKV tedy teče prakticky jen po povrchu. Z toho by bylo možné usuzovat, že vrstva pírozeného oxidu je na rozdíl od umělého dosti porézní a usnadňuje usazování nečistot) může působit větší ztráty. Ztráty se skutečně zvětšují až 100krát. Avšak vzhledem k tomu, že odpor vyleštěného prvku působí ztráty rádu promile, zvětší se značněním povrchu asi na 1 %, což je v praxi zanedbatelné.

Ocelové díly a součástky je však třeba na rozdíl od lehkých slitin povrchově chránit i při amatérské výrobě. Ocel se má zinkovat, chromovat a nakonec opatřit vodivným nátěrem. Galvanické pokrovování je opět amatérskými prostředky většinou neproveditelné. Proto je nutné opatřit povrch ocelových součástek několika vodivnými nátěry. Např. základní nátěr 0-2004 a pak drakrát povrchový S-2014. Pokud však nechceme nátěrem přispět k celkovému vzhledu antény, postačí chránit i ocelovou součásti jíž zůstávají ochranným prostředkem RESISTIN.

A nyní ještě několik poznámek k jednotlivým dílům antény.

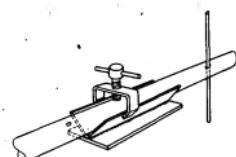
Přichytka upevňujeme jednotlivé prvky na nosné ráhno. Zde se nabízí celá řada možností, jak toto spojení a upevnění vyřešit. Praxe ukazuje, že nejendodůsší je většinou prvek přímo do ráhna (pokud to poměr průměru třaťovky je vysoký). A jsou-li ráhno i prvek z lehké slitiny, zajistit jejich vzájemnou polohu příměřným „zadřením“. Díra v ráhnu se výrva stejně velká jako je průměr prvku, který se zhruba uprostřed myším úderem trochu zdeformuje. Pak se prvek zasune do ráhna a do střední polohy se s citem několika úderů doklepne. Současně upěvňujeme prvek v ráhnu usnadní dve rysky, kterými si na obě strany od jeho středu předem vyznačíme průměr ráhna. T zvětšený asi o 2 mm. Další zajištění spoje důležitěm (obr. 21) není většinou nutné. Při případném rozebrání antény postupujeme stejně. Prvek vylepeme do strany, ale neotáčíme kolem osy. Tím býchom jej ještě více zadrali. Toto spojení pochopitelně není vhodné při různém laborování, kdy je výhodnější používat např. třmenovou přichytku (obr. 22), a to i na kruhová ráhna. Z elektrického hlediska jsou si způsoby



Obr. 21. Tři způsoby spojení prvek - ráhno; a) převleknutý, b) spojení třmenovou přichytkou, c) upevnění na úhelník rámho

Obr. 22 je na 4. straně obálky

naznačené na obr. 21 rovnocenně, tzn. že nevyužívají korekci délek prvků (viz další text). Jistě potíže působí rovnoběžné vytíráni potřebných dér do ráhna kruhového průřezu. Vhodnou pomůckou je přípravek podle obr. 23, který však není bezpodminečně nutný. Snažíme se pře-



Obr. 23. Přípravek na vrtání dér do kruhového průřezu

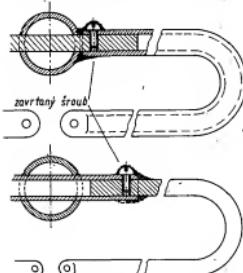
dvěsím o rovnoběžnost prvků. Jejich dokonálný „zákryt“ ve směru ráhna je spíše požadavkem vzhledovým než elektrickým, a i když by úhlový rozptýl prvků měl být co nejmenší.

Příme většinu prvků do ráhna je méně pohodlné pro skládaný dipol ohnuty z jedné trubky při požadovaném uspořádání prvků podle obr. 13a, kdy méně napajená část skládaného dipolu leží v jedné rovině s ostatními prvky. Pro takové uspořádání totiž platí rozdílové údaje na tab. 2. Při upevnění prvků podle obr. 13b se může v některých případech nepatrně zhorší CSV, zvláště u antén velmi dobré příspěvobnosti (CSV <1,4). Směrové vlastnosti však tato změna neovlivní.

Rozdělením skládaného dipolu se vše zjednoduší. Do ráhna se upevní stejným

způsobem jako ostatní prvky kratší trubka nebo tyč, do které (nebo na kterou) se zasunou (nasunou) z obou stran obě části skládaného dipolu. Je samozřejmě nutné zajistit dokonale a trvalé spojení a kontakt všech částí závrtními šrouby (viz obr. 24) a místo chránit nátrhem.

Šrouby a matice upevňující přichytky musí být vhodným způsobem zajištěny proti uvolnění (převrácení podložkami, „kontramatricemi“, zákalováním apod.).



Obr. 24. Mechanické spojení záříčí - ráhno, pro dělený skládaný dipol

Na kabelové svorky, objímky stínění, a pájecí očka se má použít pocinovaná měď, popř. pocinovaná mosaz s větším obsahem mědi, která nepraská při nízkých teplotách.

Ochranný kryt chrání místo připojení napájecí k anténě tak, aby nebylo vystaveno příměřnu působení povětrnosti, tj. především deště, sněžení a nárazům. Kryt má být z nenávratného izolačního materiálu. S výhodou je možno využít různých krabic a obalů z plastických hmot. Přivádějící antény musí být zhotoveny tak, aby bylo zabráněno přímému vnikání vody podél přívodu (např. odkapávacími drátky). Výhodné je přivést všechny přívody volelně, dlehoch ochranného krytu, a doho ještě chránit převíšení horou (odmatné) části. Kryt nemá být neprodrysně uzavřen, aby se zabránil vnikání vody a tím i rychlejší korozii. Spojy uvnitř krytu se mají opět chránit nátrhem.

Dřízky napájecí jsou nutné při užití souměrných nestíněných napájecích – dvoulinek. Upevňují napájecí a udržují je v určité vzdálenosti od stozáru a ostatních předmětů. Zabírají jeho poškození, k nemůžu docházet vlastní vahou a působením větrů. U nestíněných napájecích je nutno použít v místě dřízku neopěnitého materiálu, aby vodivit části dřízku neopěnily těsně napájecí. Šířka upěvňení má být co nejmenší. Délka dřízku se volí tak, aby nestíněný napájecí byl po celé délce do statečné vzdálenosti od ktoni, tzn. aby zůstaly zachovány jeho elektrické parametry. Za dostatečnou vzdálenost se povídají deštníásobek rozteče obou vodičů.

V souvislosti s konstrukcí a instalováním antény je třeba věnovat přiměřenou pozornost i montáži napájecí.

Montáž napájecí. Nesprávně instalovaný napájecí byvá velmi častoždrojem poruch. Proto je nutné napájecí připojovat a věst velmi pečlivě. Konec napájecí se

připojují k anténě bud přímo přitažením pod hlavu šroubů s podložkou, nebo přejemečí očky. Musí se pamatovat na to, že mezi mědi a hliníkem vzniká působení vlnnosti elektrolytické korozie, která časem původně dobrý kontakt poruší.

Je velmi důležité, aby se při odstraňování izolace z napájecího ani trochu nepoškodil žádný z vodičů. V narušených místech se po čase vodič velmi často pferuší. Plati to jak pro souosý kabel, tak pro dvoulinky.

Nevýhodou dvoulinek (zvláště plochých typů) je kromě zvětšeného útlumu vlnivosti a nečistot jejich snaha *krmitat* ve větru. Toto kmitání časem vede k úplnému pferušení vodičů, někdy i bez zjevného vnitřního poškození. Nachýlosti ke kmitání se zmenší, jestliže mezi jednotlivými držáky dvoulinky několikrát překroutit.

Nestřílené napájecí jsou vystaveny řušení. Obra rovnoběžné vodiče však přijímají rušení stejně, takže se rušivé signály v souvisejících vstupech přijímací prakticky vymří. Příjem tečkou rušivých signálů lze však zmenšit rovněž několika způsoby napříč mezi anténu a přijímačem.

Elektrické vlastnosti souosých kabelů pochopitelně nejsou ovlivňovány okolím, proto mohou být vedeny těsně podél stozáru, popř. uvnitř trubek. Je však třeba vyuvarovat se ostrych chyb (např. přes hrany okapů), v nichž může za horka dielektrikum změknout a vnitřní vodič se může zkratovat na stěně. Protože ultrafialové záření má neplzeňský vliv na dobu života vnitřní izolace, snažíme se nevy stavovat kabel *prilis sluncem* záření. Pokud je možné, nevedeme napájecí podél jízdních stěn budov. Pordušenou izolaci totiž vniká do stěn vlnost, vodiče stříšného pláště korodují a zvětší se útlum poměrně dražého souosého kabelu.

To by byly asi tak nejdůležitější zásady konstrukce, povrchové ochrany a instalace antén a napájecí. Stojí to za věnovat jim právě takovou pozornost, jako problém elektrickým.

Praktická realizace Yagiho antén

V předchozích kapitolách jsme se seznámili se základními vlastnostmi Yagiho antén. Víme, jaký vliv mají jejich rozměry na elektrické parametry, a vše, že ze pro dané pásmo navrhnutou a optimizovanou Yagiho anténou s různou délou i různým počtem prvků. Na druhé straně pak vzájemné vztahy mezi všemi rozměrovými parametry umožňují realizovat antény s prakticky stejnými vlastnostmi, avšak s rozdílnými rozměry i počty prvků. Ostatně, během doby bylo na trhu několik publikací, v nichž byly popsány desítky Yagiho antén různých typů pro různá pásmá, mezi nimiž se méně informovaný zájemce těžko orientuje a které se v praxi častěji jvihodně.

Zkušenosti potvrzují, že pro příjem TV i FM rozhlasu zcela postačí jen několik typů, které se nazývají liši svými směrovými účinky, popř. ziskem do té míry, aby rozdíly byly možno zaznamenat při každém hodnocení. Rozumíme tím subjektivní posuzování kvality více či méně zašuměného obrazu nebo zvuku, při němž jsou zpravidla patrné až asi 3 dB rozdíly v intenzitě přijímaných signálů. U zvukových

signálů, zejména s modulací FM, je vjem malých změn úrovně signálu zcela významný. Počet, když je ovšem přijímaný signál tak silný, že šum patrný není, nelze bez dalších opatření odhadnout pouhým pozorováním či poslechem ani přiblížit i značné rozdíly v zisku antén (odtud pak pramení dojem, že se dá přijímat „na všechno“). Dále uvedené typy antén, které by současně mohly být ukázkou praktické aplikace dosud uvedených poznatků, se tedy významně rozdílují až až o 3 dB. Tento rozdíl odpovídají i rozdíly v celkové déle antény (L), takže uvedené typy umožňují i výběr ohledně homogenitě poloh uvažovaného místa příjmu. Větší pozornost věnujeme anténám s větším ziskem. Samozřejmým požadavkem je $CSV = 1.6$ v případu impedanci 300Ω v celém pásmu, překryté skupiny kanálů s výjimkou posledního zvukového kmitočtu, kde se připojuje $CSV = 2.5$ (využívá se zjednodušení na širokých kanálech I. pásmu), a $CZP \approx 20$ dB. Uvedené parametry ve většině případů postačují pro dobrou kvalitu obrazu.

Úplným opouštěním běžnou praxi konkrétně rozměrů na všechna pásmá, popř. s přihlédnutím k tab. 1 jsou všechny v uvedených typů antén rozměrové údaje vyjádřeny ve vlnové délce odpovídající maximu kmitočtu pracovního pásmá. Výhodou tohoto způsobu je univerzalnost rozměrových údajů, které umožňují navrhnut ověřený typ antény pro jakýkoli kmitočet či pásmo.

Tab. 1 informuje o šířce pásem přijímaných kmitočtů. Z tohoto hlediska přichází v úvahu 3 varianty:

1. Antény s šířkou pásmá asi 27 % (vzhledem ke střednímu kmitočtu) pro příjem celých pásem.
2. Antény s šířkou pásmá pro příjem obou pásem VKV FM, dále jednotlivých kanálů na II. pásmu a skupin kanálů (K6/7, K8/9, K10/12, K21/26, atd.) na III. až V. pásmu.
3. Antény s šířkou pásmá asi 1,35 % na IV. a V. pásmu a asi 4 % na III. pásmu pro příjem jednotlivých kanálů, nebo pro amatérská pásmá VKV.

Výjimkou jsou antény pro 15 % a 13 % šířku pásmá u K1 a K2.

Z praktického hlediska se soustředíme zejména na druhou skupinu – antény pro pásmo 10 % (vzhledem ke střednímu kmitočtu), což umožňuje realizovat každý typ na všech pásmech. Rozměry se vypočítají z vlnové délky (tab. 18) příslušné žádanému nejvyššímu kmitočtu a rozmezových údajů soustředěných v tab. 2. Každá anténa je tedy popisována a určena:

1. **Pismenem** (počínaje A, B, ...) pro potřebu stručného označení.
2. **Číselným symbolem**, který anténu stručně charakterizuje. Např. 5Y0, 4-0,9 označuje přetípkovou Yagiho anténu o celkové délce $0.4\lambda_{max}$ pro pásmo $f_{min}/f_{max} = 0.9$, popř. $f_{min} = 0.9 f_{max}$. Známená to, že v uvedeném rozsahu jsou spinány v tabulce udané parametry.
3. **Rozměrovými údaji** vyjádřenými ve vlnové délce odpovídající nejvyššímu

Tab. 1. Relativní šířka kanálů, skupin kanálů a pásem

K1	15 % (0,86)	30,5 % (0,735)	I. pásmo
K2	13 % (0,88)		
VKV (OIRT)		8,5 % (0,92)	
K3	10 % (0,905)	27,3 % (0,76)	II. pásmo
K4	9,1 % (0,91)		
K5	8,3 % (0,92)		
VKV FM (CCIŘ)		11,5 % (0,88)	
K6	4,5 % (0,955)	8,8 % (0,915)	III. pásmo
K7			
K8		8,1 % (0,92)	
K9			
K10		27,5 % (0,755)	
K11			
K12	3,5 % (0,96)	11 % (0,895)	
K21	1,7 % (0,98)		
K26		9,7 % (0,91)	IV. pásmo
K27			
K32		8,9 % (0,915)	
K33			
K39	1,3 %	27,5 % (0,755)	
K40	1,3 %		
K49		12,1 % (0,885)	V. pásmo
K50			
K60	1 % (0,99)	23,8 % (0,79)	
		11,8 % (0,89)	

Relativní šířka pásmá je vyjádřena v % vzhledem ke střednímu kmitočtu pásmá, a dále poměrem f_{min}/f_{max} (číslo v závorce)

Tab. 2 Rozměrová tabulka vybraných typů Yaghiho antén

Anténa	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Typ	5Y 0,4-0,85	5Y 0,42-0,9	7Y 1,7-0,98	12Y 1,8-0,92	14Y 2,7-0,9	20Y 4-0,91	17Y 4,1-0,96	28Y 7,3-0,9	21Y 6,6-0,96
Rozměry									
L_1	0,63 (2x)	0,608 (2x)	0,476 (1x)	0,576 (2x)	0,59 (2x)	0,604 (3x)	0,53 (2x)	0,615 (2x)	0,52 (1x)
L_2	0,19 0,56	0,19 0,54	0,25 0,52	0,206 0,535	0,23 0,57	0,155+0,07 0,552	0,177 0,522	0,18 0,57	0,2 0,51
L_{01}	0,032 0,472	0,036 0,47	0,05 0,47	0,045 0,453	0,05 0,464	0,05 0,48	0,064 0,461	0,044 0,426	0,084 0,469
L_{02}	0,19 0,45	0,2 0,44	0,289 0,436	0,147 0,446	0,165 0,456	0,083 0,463	0,254 0,433	0,128 0,41	0,107 0,455
L_{03}			0,406 0,43	0,155 0,439	0,172 0,448	0,121 0,459	0,304 0,433	0,266 0,408	0,234 0,44
L_{04}			0,323 0,434	0,172 0,432	0,192 0,441	0,155 0,456	0,304 0,428	0,265 0,408	0,263 0,44
L_{05}			0,422 0,43	0,189 0,426	0,211 0,433	0,19 0,452	0,304 0,415	0,303 0,403	0,289 0,433
L_{06}				0,206 0,419	0,23 0,425	0,219 0,449	0,304 0,412	0,303 0,403	0,335 0,433
L_{07}				0,233 0,412	0,25 0,418	0,242 0,446	0,304 0,408	0,303 0,403	0,39 0,433
L_{08}				0,24 0,405	0,268 0,41	0,268 0,442	0,304 0,405	0,303 0,403	0,39 0,419
L_{09}				0,257 0,398	0,287 0,402	0,293 0,439	0,304 0,401	0,303 0,398	0,39 0,419
L_{010}					0,306 0,395	0,31 0,435	0,304 0,401	0,303 0,398	0,39 0,419
L_{011}					0,325 0,387	0,31 0,432	0,304 0,401	0,303 0,398	0,39 0,419
L_{012}						0,31 0,428	0,304 0,401	0,303 0,398	0,39 0,419
L_{013}						0,31 0,425	0,304 0,401	0,303 0,395	0,39 0,411
L_{014}						0,31 0,421	0,304 0,396	0,303 0,395	0,39 0,411
L_{015}						0,31 0,418	0,304 0,395	0,303 0,395	0,39 0,411
L_{016}						0,31 0,414	0,304 0,395	0,303 0,404	0,39 0,404
L_{017} (ant. H.)						0,31 -	0,304 -	0,303 -	0,39 0,404
L_{018}								0,303 0,39	0,39 0,404
L_{019}								0,303 0,39	0,39 0,404
$P_{20} \text{ až } 25$								0,303 0,39	0,39 0,404
$L_{020} \text{ až } 25$ (ant. H.)									
h	0,28	0,27		0,2	0,3	0,5	0,27	0,22	
t	0,0034	0,005	0,0067	0,004	0,0045	0,01	0,01	0,0155	0,0058
T	0,004	0,004	—	0,01	0,015	0,035	0,03	0,042	0,024
m	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	0,005
L_c	0,41	0,43	1,67	1,84	2,68	4,02	4,14	7,27	6,58
S_1	1,2	1,2	1,6	1,5	1,7	2,2	2,3	3,0	2,8
S_1	0,75	0,7	1,5	1,3	1,5	2,0	2,1	2,8	2,6
Elektrické parametry									
G_1 [dB]	5,1 až 6,2	5,0 až 6,0	11,5 < 1,4 25 až 17	9,8 až 10,8 < 1,6 18	10,6 až 12,0 < 1,3 23	12,5 až 13,2 < 1,3 24	13,5 až 14,0 < 1,6 20	12,0 až 15,2 < 1,5 > 20	14 až 15,2 < 1,6 > 18
CSV_{1000} [dB]	1,3 až 2,5	1,4 až 47°	40°	54° až 47°	42° až 41° 50° až 41°	42° až 36,5° 35° až 31°	33° až 29° 35° až 31°	30° až 27° 34° až 30°	26° až 19,5° 30° až 20,5°
CPZ [dB]	21 až 14	—	—	17 13	> 20 > 18	> 20 > 18	> 20 > 14	16 12	26° až 22° 28° až 24°
Θ_E [°]	65° až 62°	65° až 62°	38°	48° až 41°	42° až 36,5°	33° až 29°	30° až 27°	26° až 19,5°	26° až 22°
Θ_H [°]	108° až 92°	114° až 106°	40°	54° až 47°	50° až 41°	35° až 31°	34° až 30°	30° až 20,5°	28° až 24°
1.p.L.E [dB]	—	—	17	> 20	> 20	> 20	16	10,6	16
1.p.I.H [dB]	—	—	13	> 18	> 18	> 14	12	8,5	13

kmítočtu pracovního pásma. Nejvyšší kmítočet byl zvolen proto, že u většiny Yagiho antén pak již následuje zhoršení směrových vlastností. Současně nejvyšší kmítočet označuje oblast maximálního zisku. Výjimkou jsou krátké tří až šestiprvkové antény, u nichž může být rozložení zisku jiné.

4. Elektrickými parametry:

G_e – činitel stupňových vln na napájecí $\lambda/2$,
 ČSV – činitel stupňových vln na napájecí 300Ω , popř. 75Ω . U většiny antén se při užití napájecí 75Ω předpokládá připojení symetrického transformátoru (symetrický smyčka nebo elevátor) (viz obr. 1 a 17).
 CZP – činitel zpětného příjmu v [dB], G_e – úhel příjmu v rovině E, Θ_H – úhel příjmu v rovině H, 1.p.l._E – úroveň prvního postranního maxima (laloku) v rovině E, 1.p.l._H – úroveň prvního postranního maxima (laloku) v rovině H.

5. Doplňujícím textem se stručnou charakteristikou antény.

Stručný popis antén z tab. 2

A – pětiprvková anténa s dvojitým reflektorem, původně navržená pro televizní kabelový rozvod (TKR) na I. pásmu. Splňuje proto zpřísněné požadavky na elektrické parametry antén tohoto druhu. Jde zejména o dokonale přizpůsobený v pásmu kmítočtu obrazového spektra a velký CZP. Obou požadovaných parametrů je dosaženo, i když za cenu poněkud menšího zisku, výraznějším prodloužením zářiče (skládaného dipolu), jehož těsnou vazbu na první (kompenzační) direktoru a prodloužením reflektoru, které přispívá i k rozšíření pásmu. Anténa je použitelná i na jiných TV pásmech, ovšem značná šířka prvků prakticky neumožňuje její realizaci na pásmech UKV bez přepletu na jejich průměru.

B – anténa též shodná s předchozí co do rozměrů i parametrů, původně navržená pro TKR na II. pásmu – K3, tedy pro užší pásmo než u antény A. Proto má i poněkud kratší reflektory, popř. menší rozdíl mezi l_4 a l_5 . Menší šířka prvků umožňuje použití ji na všech pásmech s přijatelnými průměry prvků. *Velmi vhodná pro pásmo VKV FM, a jíkovitně okenní anténa na UKV pásmu (t = 2 až 3 mm).*

C – úzkopásmová anténa, která se svým uspořádáním do značně míry vymyká ostatním, v tabulce uvedeným anténám. Původně jde o šestiprvkovou anténu, vypočtenou počítacím podle teoretické práce Chenga [20]. Při minimálním počtu prvků pro danou délku l_c je každý rozmezí optimalizován, což na první pohled působí chaoticky. Anténa nebyla pochopitelně původně určena pro použití: šíř pouze o ovesnéni teorie, takže její vstupní impedance byla bez další úpravy nevhodná. Proto byla pro praktické použití upravena dvojicí skládaného dipolu – kompenzační direktory. Provedená změna neměla patrný vliv na původní směrové vlastnosti. Anténa byla Chengem vypočítána pro nevodivé ráhno.

D – dvacítačtiprvková anténa s dvojitým reflektorem a průměrným ziskem větším než 10 dB. Vlivem postupného zkracování direktorů a jejich vzájemnosti se rozteče má výrazně potlačenější postranní laloky. *Univerzální anténa, původně určená pro III. pásmo, kde ji lze při délce 0,7 až 1,1 m s výhodou upravovat až za reflektorem, na stojáři i okenní rám.* Pro větší „hustotu“ direktorů (poměrně malé rozteče při má dobré šířkopásmové vlastnosti, takže bez patrného zhoršení elektrických vlastností vyhovuje i na nižších kmítočtech (0,9 až 0,88). Proto se též dobré osvědčila na CICR pásmu FM, kde je při $l_c = 5,5$ m z hlediska amatérského využití realizace přijatelným maximem.

E – v podstatě jde o anténu předchozí, optimalizovanou s ohledem na ještě přijatelně rozměry pro III. pásmo, kde dosahuje délky až 4,5 m. Původně byla určena pro TKR, takže má i výběrný ČSV ≈ 1,3 v pásmu $f_{min}/f_{max} = 0,9$.

F – dvacítačtiprvková anténa s tříprvkovým reflektorem, použitelná především na pásmech UKV, pro která byla původně navržena. Má výběrné elektrické parametry. ČSV ≈ 1,3, CZP = 24 dB, $CPL > 20$ dB a $G_e = 13,2$ dB u důležitého pásmu. Je výrobou náročnější pro individuální rozměry každého z šestnácti direktorů. Posledních sedm direktorů má již konstantní rozteč. Rozměr ρ je složen ze dvou částí 0,155 a 0,077 m, protože anténa je opatřena tříprvkovým, tedy trigonálním reflektorem pro dosažení co nejlepšího CZP v širším pásmu (viz obr. 2).

G – sedmiprvková anténa s konstantní roztečí ρ_1 až ρ_4 , má proto poněkud větší postranní laloky než anténa F, ale její zisk je pro danou délku maximální vzhledem k úzkopásmovému charakteru některých elektrických vlastností. Odvozena a ověřena z údajů podle [26]. S přihlédnutím k závislosti zisku na délku (viz obr. 9) je dnes možno používat anténu této délky za ekonomické maximum a to i při použití v antenních soustavách.

H – typická dlouhá Yagiho anténa s konstantní roztečí direktorů a malou změnou jejich délky. V podstatě jde o anténu úzkopásmovou, takže v 10% šířce pásma je lze treba počítat se zmenšením zisku o 3 dB. Anténu o délce 7 až 8,2 λ se ičíce na pásmech UKV ještě realizovat, *de však skutečně o maximum; u ještě delších Yagiho antén, jejichž zisk se asymptoticky blíží 15,5 až 16 dB, již značně kleší účinnost.* Nároky na homogenitu pole jsou při použití této antény již značné, takže vlastnosti tak dlouhých antén bývají v nevhodných podmínkách nevyužity.

I – dlouhá Yagiho anténa, odvozená a upravená z experimentálně optimalizované antény pro úzké amatérské pásmo 435 MHz. Je známa pod radioamatérskou značkou autora – F9FT. Při minimálním počtu prvků (využívá se maximální rozteče $\rho = 0,39\lambda_{min}$) a délce 6,6 λ se dosahuje zisku 15,2 dB. Postupně zkracovány direktory zabezpečují přiznivě postranní laloky. Původní impedance

antény, kolem 50 Ω, byla upravena na 300 Ω změnou rozměrů i provedení zářiče. Rozměry upraveného zářiče jsou méně kritické než původní úprava, a jsou ve shodě s doporučeným uspořádáním podle obr. 13b, popř. 13a. Vzhledem k úzkopásmovému charakteru antény (malé rozdíly v délce direktorů a reflektoru) je žadoucí dodržet pokud možno s malými tolerancemi (±1 mm), především délky všech prvků, zejména direktorů.

Při průměru prvků $t = 0,0058$ vychází na IV. a V. pásmu průměr $t = 2$ až 3 mm, takže při nejednodušší konstrukci (přímo vtenknu prvků do rámečku podle obr. 21a) dosahováme velmi lehkou a účinnou anténu, vhodnou pro dálkový příjem TV. Při délce 6,6 λ se ovšem zvětší opět ráhno na homogenitu elektromagnetického pole přijímaného signálu.

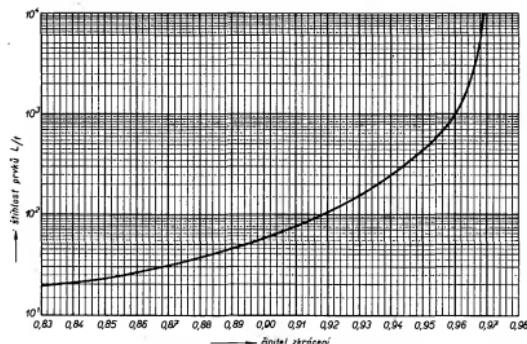
(Redakce AR pokládá za užitečné zdůraznit, že všechny typy antén uvedené v tab. 2 byly autorem ověřeny pro potřeby tohoto AR řady B, případně při jiných příležitostech.)

Detailní konstrukce antén není předepsána. Je třeba pouze dodržet zásady uvedené v kapitole – konstrukce a mechanická hlediska. Pro připravení prvků na ráhno použijte podle možnosti některý ze způsobů naznačených na obr. 21. Co do vlivu na elektrickou délku prvků jsou si rovnocenné. Všude, kde je zářič použit skládaný dipol tvarovaný z jediného vodiče (trubky), jehož napájení je uzemněná (upněná) část tedy mají shodný průměr. Vstupní impedance antény je v první řadě určena rozměry a vzájemným uspořádáním dvojice zářič-kompenzační direktor, které je použito u všech uvedených antén. Důležité je dodržet ve všech případech uspořádání podle obr. 13a, popř. 13b, tzn., že *uzemněná část zářiče leží v rovině direktorů, napájená část zářiče leží mimo, kolmo k rovině prvků.* Zdálezenost kompenzačních direktorů (rozměr ρ) je poměrně malá a většinou shodná nebo srovnatelná s šířkou zářiče (rozměr l). Pokud zářič neleží zhotovit z jediného vodiče – trubky, je nutné případně spoje trubek mechanicky i elektricky dobytek zabezpečit proti dlouhodobému působení všech klimatických vlivů.

Rozměry prvků a jejich korekce

a) Šířka prvků

Víme, že rozměry antény lze přeypočítat na jiný kmítočet. Tato praxe je bežná, přepletot je jednoduchý a elektrické vlastnosti odvozené antény jsou prakticky shodné s vlastnostmi antény původní i při větším poměru kmítočtů. Předpokládá se pochopitelně přepletot všech rozměrů. Záleží délka prvků i jejich vzájemnou rozteč. Lze realizovat pro každý případ, neleží vždy dodržet vypočítaný průměr prvků, který by se měl pochopitelně změnit ve stejném poměru jako ostatní rozměry. Praktická omezení jsou zde dány jak konstrukčními, tak praktickými hledisky. Např. anténa na III. pásmu s prvkem o průměru 6 mm by měla mít po přepletot na konci V. pásmu prvky o průměru 1,5 mm; a opačně, u antény s původními prvkem o průměru 6 mm na V. pásmu by bylo nutné použít na III. pásmu prvky o průměru 24 mm. I když by proti elektrickým vlastnostem přepletotých antén nemoh-



Obr. 25. Zkrácení rezonančních délek prvků v závislosti na jejich šířlosti

lo být námitek, jejich mechanické i vzhledové vlastnosti by mohly být nepřijatelné. Přepončený průměr prvků však často nežádá realizovat i pro nedostatek vhodných trubek.

Situace však není neřešitelná. Pomůžeme si grafem na obr. 25. S jistým zjednodušením lze říci, že dostatečně přesné znázorňuje závislost činitele zkrácení rezonančních délek-válcových vodičů (prvků) na jejich šířlosti, tj. na poměru délky a průměru (L'/t - podle našeho značení rozdílu) v rozsahu 20 % kolem rezonanční délky $2t$. Je tedy použitelný pro korekci přepončitavých délek prvků Yagiho antén v případech, kdy nelze dodržet vypočtený průměr, a použijeme jej i v případě, kdy jde prostě o zhotovení antény podle návodu, avšak s jinými průměry prvků.

Pro úplnost upřesňujeme, že u pasivních prvků Yagiho antén nejde vlastně o jejich rezonanční délky, ale o délky, pro které mají přepončitavé prvky shodnou reaktanci - u direktoru vždy kapacitní a u reflektoru zpravidla indukční.

Příklad: Chceme přepončít anténu s $L_{01} = 278$ mm a $t = 6$ mm z $f = 518$ MHz na 750 MHz. Pokud měníme L_{01} i t poměrem obou kmitočtů, je výpočet jednoduchý. $L_{01} \cdot t$ v závislosti poměrem

$$518/750 = 0.691:$$

$$L_{01} = 278 \times 0.691 = 192 \text{ mm.}$$

$t = 6 \times 0.691 = 4.15$ mm. Prakticky je tedy možné použít prvky o průměru 4 mm. Pokud však chceme i na 750 MHz použít prvky původního průměru 6 mm, je přepončet trochu složitější. Využijeme grafu na obr. 25.

Vypočteme šířlost prvků na 518 MHz: $L'/t = 278/6 = 46$.

Vypočteme šířlost prvků na 750 MHz: $L'/t = 192/6 = 32$.

Šířlosti 46 odpovídá činitel zkrácení $k_{11} = 0.891$.

Šířlosti 32 odpovídá činitel zkrácení $k_{10} = 0.873$.

Při stejném průměru t trubek je na 750 MHz direktor relativně tlustší, musí tedy být kratší, aby se jeho elektrická délka nezměnila. Zkrátíme jej i poměru $0.873/0.891 = 0.98$.

$L'_{01} = 192 \times 0.98 = 188$ mm. Zkrácení čini 4 mm, je tedy poměrně značné. Je to dánou střímslostí křivky pro šířlosti menší než 100. Proto se při změnách průměru prvků nedoporučuje zmenšovat šířlost pod 20, neboť pak se zmenšuje přesnost přepončtu.

Z uvedeného příkladu je zřejmý vliv nesprávných průměrů. Proto je třeba věnovat tomuto problému při realizaci antén přiměřenou pozornost.

Pokud se mění průměr tak, že se šířlost zvětší, násobíme při přepončtu původní rozmer opačným poměrem činitele zkrácení, tzn. číslem větším než 1.

Z praktického hlediska přepončitáváme u Yagiho antény při změně šířlosti jen pasivní prvky, přepončit direktory. Pokud bychom totiž nekorigovali (nezkracovali) délku direktoru při jejich menší šířlosti, zvětšíla by se jejich elektrická délka, optimální kmitočtové pásma by se posunulo k nižším kmitočtům a na maximálních kmitočtech pracovního pásma by se elektrické parametry antény, zejména zisk, mohly podstatně změnit k horšímu. Ve výše uvedeném případě by se při nereceptivním zmenšení šířlosti prvků posunulo optimální nastavení direktorové hladky na 735 MHz, a na 750 MHz by se pravděpodobně již zisk zmenšoval.

Použijeme-li naopak prvky šířejší, ne-doporučíme se žádat veškeré chyby, když direktory nepřepončíme. Pracovní pásma antény se sice posunou k vyšším kmitočtům, to však nezůpůsobí takovou degradaci zisku jako v předchozím případě. Je to ostatně platné i v obr. 8, kde je vyznačen charakteristicky průbeh zisku viceprvkové Yagiho antény.

- V automatizační technice rozvinut výrobu čidel, snímačů, servopohonů, signálního a zařízení pro měření tepla, výrobu řídicí, regulační, měřicí a kontrolní techniky pro jadernou energetiku, hutnictví a chemii. Rozvíjet investiční elektroniku, měřicí, testovací, laboratorní a zdravotní techniku. Zabezpečovat dodávky moderních vypočítavých systémů s potřebným periferním a programovým vybavením zvláště pro řezení technologických procesů. Výrobu elektronických počítačů a telekomunikační techniky rozvíjet v souladu s jednotlivými systémy zemí RVHP.

Pro ilustraci vlivu šířlosti na délku prvků uvádíme experimentálně zjištěné délky direktorů u pětiprvkové antény pro $f = 640$ MHz, $\lambda = 461$ mm (tab. 3). Pro všechna t měla anténa stejný zisk. Bylo typ antény se stejnými direktory.

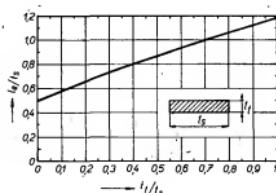
Tab. 3.

L_0	L_0/λ	t	L_0/t
206	0,44	1	206,0
203	0,433	2	101,5
196,5	0,419	4	49,1
189	0,403	8	23,6
178	0,38	16	11,1

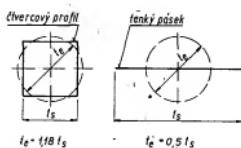
Použijeme-li k určení délky direktorů graf na obr. 25, dostaneme rozměry shodné s údaji v tabulce.

b) Profil prvků

Předchozí úvaha předpokládá kruhový průřez prvků. Někdy je k dispozici materiál jiného průřezu. Zvláště na IV. a V. pásma lze s výhodou využít kovových pásků s obdélníkovým průřezem. Pak počítáme s jeho ekvivalentním průměrem t_e , který odvodíme z grafu na obr. 26. Pro dva mezní případy, pro čtvercový průřez a pro velmi tenký pásek je velikost ekvivalentního průměru na obr. 27..



Obr. 26. Ekvivalentní průměr (t_e) obdélníkového profilu



$$t_e = 1.18 t \quad t_e = 0.51 t$$

Obr. 27. Ekvivalentní průměr čtvercového profilu a tenkého pásku

Pro čtvercový profil platí $t_e = 1,18 t$ pro nekonečně tenký pásek $t_e = 0,51 t$. Prvky s obdélníkovým průřezem s poměrem $t/t_e = 0,1$ (např. pásek 1 mm, šířka 10 mm) tedy uvažujeme jako kruhové. $t_e = 0,59 t$. Aby koncová kapacita ostrych hranič neprodukovala vypočítanou délku páskových prvků, je žádoucí přiměřeně zaablit jejich konce.

Závěrem této kapitoly ještě jednu připomínku. Nežádoucí zmenšení šířlosti direktorů a posuvu pracovního pásmá k nižším kmitočtům, někdy i doslova značný,

může způsobit námraza. Zejména čistý ledový kruný dokáže směrové vlastnosti Yagiho antény značně zredukovat (pokud ovšem nezníží anténu úplně).

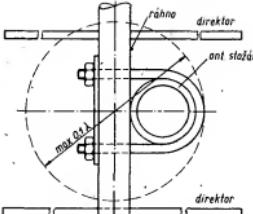
Při návrhu antén určených do oblastí s častějším výskytem námrazy se s jejich vlivem má počítat. Platí to především pro antény radiokomunikačních služeb, u nichž musí být zajištěna spolehlivost za všech okolností. Proto se používají prvky o větším průměru, aby se již předem zmenšíly vliv změny stíhlosti náříztem námrazy, případně se ještě v Yagiho antén posunuje oblast optimálního zisku za nejvýšší provozní kmitočet, aby i při výskytu námrazy, kdy se elektrická délka prvků prodlouží, zůstaly v provozním pásmu zachovány žádání směrové vlastnosti.

c) Vliv ráhna

Průměr ráhna má na elektrickou délku prvků jistý vliv, který však není tak výrazný, aby bylo nutno brát v úvahu při každé změně doporučené nebo vzorové konstrukce. Obecně platí, že při náhradě nekovového ráhna kovovým je vhodné délku všech prvků do ráhna většinou, nebo na ráhno vodivé připojených prodloužit, aby se neposuvalo pracovní kmitočtové pásmo. Přesné výpočetní vztahy neexistují, protože změny délky prvků závisí nejen na velikosti či změně poměru $T/λ$, ale i na jejich stíhlosti. (Informace publikované např. v [23] a [26] se navzájem neshodují a při jejich praktickém ověřování nebožto dozášeno uspokojivých výsledků.) V prvním případě se doporučuje prodloužit první zhruba 2/3 průměru ráhna (při výměně nekovového ráhna za kovový). Autor druhého příspěvku [26] udává křivku závislosti změny délky prvků na průměru ráhna. V obou případech se však opomíjí poměr stíhlosti prvků v ráhnu, které mají podle našich zkušeností vliv na velikost korekce. Experimentálně objasněním tohoto problému se zatím nikdo nezabýval. S přihlédnutím k běžné praxi při amatérské realizaci antén však tento problém nepovažujeme za tak závažný. Vzorové konstrukce s nekovovým ráhnenem se téžm nevykystují, s výjimkou výpočtem navržených direktořových řad, u nichž se s vlivem ráhna nepočítá. V tom případě uplatníme poznatek z předešší kapitoly, tzn. respektujeme doporučené délky direktořů, i když kovové ráhno poněkud posune jejich elektrické délky k vyšším kmitočtům, což však nemůže způsobit patrnou degradaci směrových vlastností.

Stejným způsobem se projeví použití relativně tlustšího ráhna oproti původně navrhovanému. To je ostatně nejčastěji se vyskytující případ. Vychází-li přečtem na vyšší kmitočet ráhno příliš tenké, mechanicky nevyhovující, a chceme-li jeho průměr dozřít, lze konstrukci zpětně vhodné navrženým ráhnenem podprůměrným.

Obecně platí, že v případě, že je zcela libovolné, zde u jednoduchých Yagiho antén použijeme kovové či nekovové ráhno. Nekovové ráhno dokonce klade menší požadavky na rozměrovou symetrii direktořové řady, protože nemohou vzniknout výrovnávací proudy v ráhnu. Ty zmenšují účinnost antény při rozměrově nesymetrických větvích většinou do ráhna kovového. Kovové ráhno je však žádoucí s ohledem na ochranu proti účinkům atmosférické elektriny, protože galvanicky spojuje

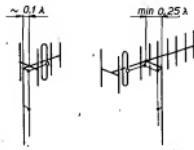


Obr. 28. Maximální rozdíl pro upěvnení stožáru k ráhnu

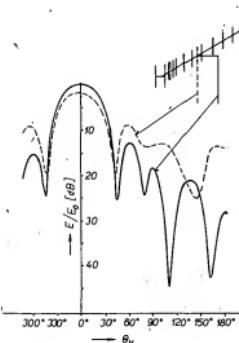
všechny aktívni a pasivni prvky s nosnou konstrukci, takže celou anténu lze uzměnit a chránit proti účinkům atmosférické elektriny a blesku podle ČSN 341380 a ČSN 341390. Pro továrně vyráběné antény je tento požadavek zavázaný.

d) Vliv stožáru

Anténní stožár nemá ovlivňovat elektrické vlastnosti antény. Výjimkou jsou případy, kdy se stožár stává součástí anténního systému, jako tomu je u některých stacionárních, vertikálně polarizovaných antén pro radiokomunikační služby. Horizontálně polarizovanou Yagiho anténu je nutno upěvnit na stožár souměrně k osi ráhna. Se strany ráhna lze upěvnit anténu jen tehdy, nezahájí-li stožár i s upěvňovací příchytkou mezi prvky natolik, že mezi nimi nepříznivě ovlivňuje



Obr. 29. Upěvnení vertikálně polarizovaných antén



Obr. 30. Vliv stožáru na zisk a směrový diagram vertikálně polarizované Yagiho antény

elektromagnetické pole. Prakticky je s tím třeba počítat až na IV. a V. pásmu (viz obr. 28). Není-li tato podmínka splněna, je nutno stožár upěvnit na podpůrné ráhno, nebo použít na výložné rameno.

Při vertikální polarizaci vedeném stožáru zásadně vždy mimo řadu direktorů. U kratších antén za reflektorem, viz obr. 29a, u delších antén pomocí výložného ramene podle obr. 29b.

Vliv stožáru na zisk a směrové vlastnosti vertikálně polarizované Yagiho antény při jeho neuspřávnění upěvnení je na obr. 30. Tímto způsobem jsou směrové vlastnosti antény, jak patrné, značně poškozeny.

Konstrukčním návrhem anténního stožáru z hlediska bezpečnosti a pevnosti se podrobně zabývají jiní autoři [32], [36]. Připomínáme však, že při návrhu je třeba přihlížet k „větrné záťaze“, kterou představují všechny antény upěvnené na stožáru.

U velmi směrových antén se mohou rušivě projevit výkyvy průznamu, ale z pevnostního hlediska využívajího stožáru. Nejlepše je odstranitě přiměřeným zakovením.

Anténní soustavy

Jíž z úvodních kapitol o směrových anténoch jsme si osvojili základní poznatky o vztahu mezi směrovostí či ziskem a celkovými rozměry antény. Víme, že anténa může mít větší zisk, čím je rozmněnejší, čím má větší tzv. účinnou plochu. Zatímco u směrových antén, u nichž konečným zdrojem záření je tzv. homogenně ozářený řetěz (tj. např. u parabolických reflektorů, trityčů, plášťových souřadových antén apod.), platí mezi účinnou plochou antény a směrovostí přímá úměrnost – čím větší plocha, tím větší zisk – blíží se směrovost Yagiho antény s rostoucí délku určité, konečné velikostí, jak je patrné z obr. 9. Každým zvýšením délky jednoduché Yagiho antény zvýšujeme zisk až o 2 dB. To platí až do délky asi 4 λ. Dalším produkováním antény se však přírůstek zisku zmenšuje. Např. při prodloužení ze 4 na 8 je přírůstek zisku jen poněkud větší než 1 dB. Něma tudíž smysl zvýšovat délku Yagiho antén nad 4 λ pro rychle rostoucí nepoměr mezi používacími náklady a klesajícím energetickým přínosem při dalším prodloužování antény, nlehle na polze spojené s vlastní konstrukcí i provozem příliš dlouhých antén.

Ekonomicky lze zvýšovat zisk Yagiho antén sestavováním anténních soustav, složených z jednoduchých Yagiho antén o maximální délce 3 až 4λ. Optimálním složením 2, 4, 8 a 16 základních dílčích antén dostáváme anténní soustavu se ziskem teoreticky zvětšeným o 3, 6, 9, 12 dB. To znamená, že se každým zvýšením antény nebo anténní soustavy významný výkon v žádaném směru teoreticky zvětší až dvakrát (o 100%), což odpovídá napětí na vstupu přijímače většímu až 1,4krát (o 40%). Ve skutečnosti je přírůstek zisku poněkud menší než 3 dB, takže pro praktickou kalkulaci použíme s max. přírůstekem 2,5 dB. Tak např. anténní soustava složená z 2, 4, 8, 16 Yagiho antén o délce 4λ a zisku 13,5 dB může mít v nejlepším případě zisk 16, 18, 21 a 23 dB. Tohoto zisku bude dosaženo ovšem jen tehdy, budou-li dílčí antény, z nichž je anténní soustava složena, zářeny v optimálních vzájemných vzdálostech a budou-li respektována hlediska impedenční a fázová; dále pak musí být

minimální ztráty v napájecím systému soustavy.

Již zde je třeba zdůraznit, že důvodem pro konstrukci anténních soustav není vždy zvětšení dosahu, tří, hledisku maximálního zisku. Konstrukce anténních soustav řešíme mnohdy úspěšně a často jako jediným možným způsobem i otázkou nerušeného příjmu TV obrazu místních nebo nepříliš vzdálených TV vysílačů, kdy máme k dispozici signál sice dostatečně silný, ale znehodnocený odrazy, případně rušením z jiných TV vysílačů ze směru jen málo odlišných od směru žádaného. Otázkou zisku anténních soustav je v těchto případech druhoráda. Nejdůležitější je ziskat sestavením dvou či několika stejných antén v anténní soustavu vhodný tvar směrového diagramu. Jak uvidíme dalej, lze totiž volbou vzdálosti mezi jednotlivými anténami soustavy i způsobem napájení značnou měrou ovlivnit tvar využávacího diagramu v horizontální nebo vertikální rovině, případně v obou rovinách, a tak částečně nebo úplně vyloučit odrazy, které s jednou, i když dobrou anténu, vyloučit nelze.

Někdy je možné odstranit tímto způsobem rušení vysílačů na blízkých nebo sousedních kanálech lépe a jednodušeji, než různými filtry v napájecích.

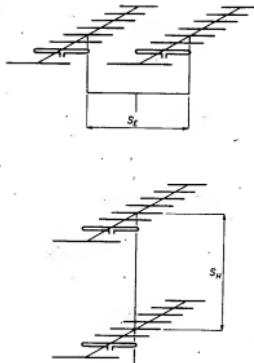
Při výlučné dálkovém příjmu TV nebo dálkové komunikaci na amatérských pásmech VKV však byla konstrukce anténních soustav motivována především snahou po dosažení maximálního zisku. Směrové vlastnosti anténní soustavy (úhel příjmu, urovení a směr postranních laloků a minim) jsou dány směrovými vlastnostmi jednotlivých základních antén, jejich počtem, uspořádáním, způsobem napájení a vzdáleností mezi anténami. Nezmění se tvar směrového diagramu základní antény soustavy v rovině vertikální, ale v závislosti na vzdálosti mezi anténami se bude měnit charakter směrového diagramu v rovině horizontální podobněm způsobem, jako v rovině vertikální v případě předchozích. Činitel zpětného příjmu (pro 180°) však v tomto případě zůstane shodný s činitelem základní antény. Prakticky to znamená, že žádaný signál vede sebe bude mít, na rozdíl od případu předchozího, určitý vliv jak na provozní techniku na amatérských pásmech VKV, tak i na směrování TV přijímacích antén. Vyslechny směrový diagram, nebo lépe úhel příjmu této antény soustavy totiž bude v rovině horizontální zhruba o polovinu užší, s výrazným (>30 dB) a ostrým minimem mezi hlavními a prvními postranními laloky.

Uspořádání jednotlivých antén do soustavy

Sestavování jednotlivých antén v anténní soustavě a charakteristické vlastnosti soustavy si nejprve vysvětlíme na nejdůležitější anténní soustavě, složené ze dvou antén.

Dvě antény lze složit v nejdůležitější anténní soustavu tak, že je zadřídele bud nad sebe (obr. 31a) nebo vedle sebe (obr. 31b). Pro jednoduchost uvažujeme nadále antény horizontálně polarizované. Při řazení antén nad sebou se nezmění původní tvar směrového diagramu základní antény v rovině horizontální (rovina E). Směrový diagram takové anténní soustavy zůstane stejný jako u základní antény. Nezmění se tedy ani úhel příjmu, ani charakter postranních laloků a minim, ani činitel zpětného příjmu. Při příjmu zůstane taková anténní soustava na základní anténě až dožadu.

Razením jednoduchých antén nad sebou je ovlivňován jen směrový diagram v rovině řazení, t. j. v rovině vertikální (rovina H). V závislosti na vzdálenosti mezi oběma anténami se bude v této rovině měnit charakter směrového diagramu – úhel příjmu, urovení a počet



Obr. 31. Dvoučlenná anténní soustava: a) jednotlivé antény nad sebou; b) jednotlivé antény vedle sebe

postranních laloků a minim. Činitel zpětného příjmu však zůstane stejný (ve směru 180°).

Při řazení antén vedle sebe je tomu napak. Nezmění se tvar směrového diagramu základní antény soustavy v rovině vertikální, ale v závislosti na vzdálosti mezi anténami se bude měnit charakter směrového diagramu v rovině horizontální podobněm způsobem, jako v rovině vertikální v případě předchozích. Činitel zpětného příjmu (pro 180°) však v tomto případě zůstane shodný s činitelem základní antény. Prakticky to znamená, že žádaný signál vede sebe bude mít, na rozdíl od případu předchozího, určitý vliv jak na provozní techniku na amatérských pásmech VKV, tak i na směrování TV přijímacích antén. Vyslechny směrový diagram, nebo lépe úhel příjmu této antény soustavy totiž bude v rovině horizontální zhruba o polovinu užší, s výrazným (>30 dB) a ostrým minimem mezi hlavními a prvními postranními laloky.

Při provozu techniku na neužívanějších pásmech VKV, kdy nám jde především o větší zisk, je podstatné využít výhodnější (z hlediska konstrukčních) uspořádání první, t. j. dvojice základních antén nad sebou (obr. 31a), popř. řazení antén nad sebou všeobecně.

Anténní soustava, kterou tvoří dvojice nekolika základních antén vedle sebe (obr. 31b), má stejný zisk jak anténní soustava složená ze stejněho počtu základních antén řazených nad sebou. Směrový účinek s ohledem na vyloučení rušivých, nežádáných signálů jsou však výraznější, takže taková anténní soustava je v mnoha případech velmi vhodná v místech, kde je příjem znehodnocen odrazy či rušením, dopadajícím na přijímací antény ze směru jen málo odlišných od směru žádaného.

Praktický příklad je znázorněn na obr. 33, kde pro

f = 199,25 MHz (K9) jsou:

- směrový diagram běžné dvoukanálové dvojantérickové TV přijímací antény (pro K8 a K9) typ 12Y 1.8-0.92 (anténa D). Délka L antény na 200 MHz je 1,75. Úhel příjmu na uvedeném kmitočtu je 41,5°. Zisk proti dipolu 1/2 je 10,6 dB.
- směrový diagram anténní soustavy sestavené ze dvou takových antén, umis-

tených vedle sebe ve vzdálosti $S_c = 1,5\lambda$. Úhel příjmu této soustavy (Θ_E) je 18°. Zisk je 13,2 dB.

Jelikož jde o potlačení nežádánoho signálu, který dopadá na anténu jen málo odlišněho od směru žádaného, zajímá nás těž úhel mezi maximem hlavního laloku a prvním minimem, které má nežádany signál potlačit. Minimum výše zmíněných antény je od maximu hlavního laloku odchýleno o 45°. První minimum anténní soustavy, složené ze dvou antén typu 12Y 1.8-0.92 – navzájem vzdálených 1,5λ, je od maximu hlavního laloku odchýleno o 19°.

Máme nyní dva stejně velké signály – žádaný (S) a rušivý (R), které na přijímací anténu dopadají ze směru, išličic se jen o 10°. Uvažujme nyní tyto čtyři případy (viz obr. 33):

- Při příjmu na základní anténu optimálně nasměrovanou na žádaný signál S, je napětí nežádánoho, rušivého signálu R zeslabeno na 93%, tj. o 0,65 dB. Prakticky tedy tento základ je zeslabeno vůbec.

- Natočíme-li tuto základní anténu tak, aby se směr prvního minima shodoval se směrem k rušivému signálu, změní se, případně zcela zmizí rušení. Napětí žádánoho signálu se však změní na 29% max. velikosti, tj. zmenší se o 10,5 dB.

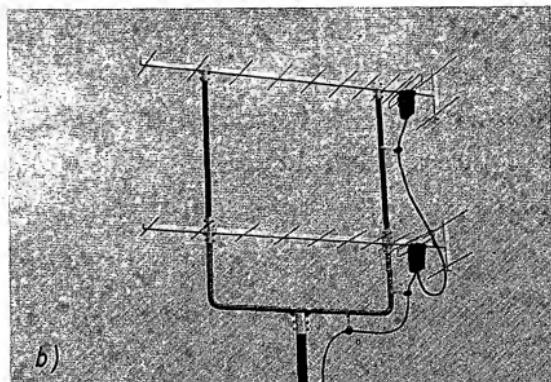
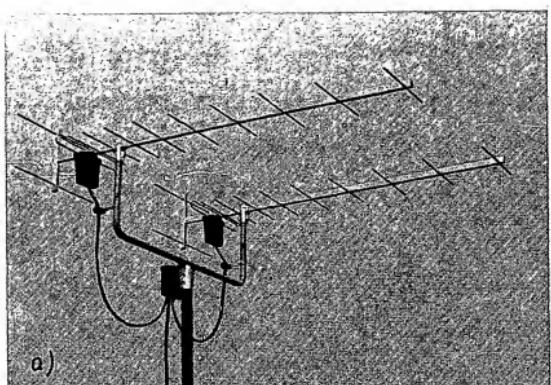
- Při užití optimálně nasměrované anténní soustavy podle obr. 33 je nežádáno signál R zeslaben na 63% max. velikosti, tj. změní se o 3,8 dB. To také není dostatečné.

- Pozorným natočením této anténní soustavy tak, aby se směr prvního minima shodoval se směrem k rušivému signálu, lze většinou toto rušení zcela odstranit. Napětí žádánoho signálu se přitom změní na 71% maximální velikosti, tj. o 3 dB. Tato anténní soustava však má o 2,5 dB větší zisk než anténa základní, takže žádaný signál je zeslaben jen o 0,5 dB. Odstup obou původně stejně silných signálů se tak zvětší na více než 30 dB, anž se přitom patrně zeslabí žádáno signál. (Pro úplnost je vzhodné podotknout, že vzhledem k vzdálenosti uvedených antén, která je $1,5\lambda$, je v tomto případě i optimální vzdálenost z hlediska maximálního zisku této soustavy. Podrobnější informace o vlivu vzdálenosti dílčích antén na směrové vlastnosti anténních soustav jsou uvedeny dalej).

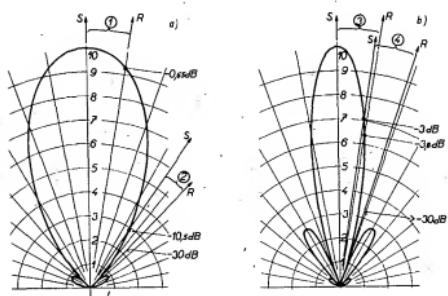
Kombinaci dvou výše uvedených a nejednodušších anténních soustav vzniká soustava, složená ze čtyř základních antén – obr. 34. Její maximální zisk je asi o 5 dB větší v porovnání se základní anténnou. Směrový diagram, popř. úhel příjmu je opět zhruba o polovinu užší, o výši v obou rovinách. Energetický přenos, daný ziskem větším též o 6 dB, se prakticky projeví jen při příjmu velmi slabých signálů, takže tato soustava je za určitých předpokladů (je-li umístěna v dostačujícě homogenném elektromagnetickém poli) vhodná pro dálkový příjem TV.

Bývá častěji používána na IV. a V. pásmu. Na III. pásmu je její realizace poněkud obtížnější pro potříze konstrukčního a mechanického rázu, neboť vzhledem k vzdálenosti antén zde dosahují až 3 m.

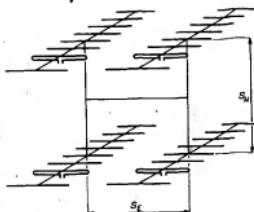
Tolik tedy na vysvetlenou k základním způsobům řazení jednotlivých antén v nejzavádější a tedy poměrně jednoduché anténní soustavy.



Obr. 32. Antenni soustava ze dvou anten Mechanika. a) anteny vedle sebe jsou napájeny aperiodicky. b) anteny nad sebou jsou napájeny laděným napáječem



Obr. 33. Princip potlačení rušivého signálu antenni soustavou



Obr. 34. Čtyřčlenná antenni soustava

Způsob napájení

Již z předchozí kapitoly víme, že směrové vlastnosti antenni soustav jsou dány, směrovými vlastnostmi a počtem základních antén, jejich uspořádáním, napájením a vzdáleností. Obecně lze jednotlivé antény antenni soustav napájet v proudech s různou amplitudou a fází. V našem případě jde o antenni soustavy, jejichž antény jsou napájeny v proudech se stejnou amplitudou a fází. Jsou to tedy soufázové antenni soustavy.

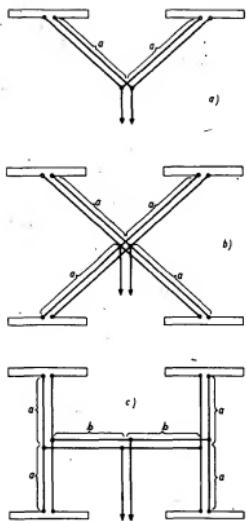
Fáze v proudech tekoucích do aktívnych prvků – dipólů základních antén musí být naprosto stejná, aby směrový diagram antenni soustavy byl souměrný a aby do maximum bylo totožná s maximem směrového diagramu základních antén.

Rovněž amplituda v proudech, tekoucích do jednotlivých antén, musí být stejná, má-li se skutečný zisk antenni soustavy blížit maximálnímu možnému zisku. Každá základní anténa tedy musí vyzárovat do svého směru a dodávat na vstup přijímače stejný délk v energie.

Fáze v proudech, zde určují: délka a způsob připojení napáječů („polovin“ napáječů) mezi jednotlivými antény a spojovacími místami, odkud je veden k vysílači či přijímači jediný napáječ. K napájení základních antén používáme napáječe laděné – rezonanční či neladěné – aperiodické. V určitých případech, zejména v složitějších soustavách, je možné oba způsoby kombinovat. Délka neladěných napáječů může být libovolná. Elektrická délka napáječů může v určitém vztahu k vlnové délce, zpravidla je souděm k lichým nasobkám $\lambda/2$ stružného pracovního kmitotoku antenni soustavy. V takovém případě hovoríme o vedení či napájení rezonančním.

Neladěné napájení

Úseky napáječů, kterými jsou jednotlivé antény připojeny ke spojovacím napáječím místům, mohou mít libovolnou, ale navzájem zcela shodnou délku. Stejnolehlé poloviny aktívnych prvků – dipólů jednotlivých antén musí být přitom (u soufázového napájení) ve spojovacím napáječím místě navzájem spojeny. Schématicky je vyznačeno neladěné napájení dipólů jednotlivých antén jednoduchých antenni soustav na obr. 35. Jednotlivé antény jsou pro zjednodušení vyznačeny jako jednoduché skládané dipoly. Stejně označené úseky napáječů mohou mít libovolnou délku, navzájem však musí být úplně shodné. **Neladěné napájení je kmitotově nezávislé**, tzn. že zaručuje soufázové napájení základních antén v širokém kmitotovém pásu. Musí jej být



Obr. 35. Nelaďené (aperiodické) napájení anténních soustav: a) dvoučlenná soustava, b) čtyřčlenná soustava, c) čtyřčlenná soustava s postupně připojovanými dvojicemi

proto vždy použito při napájení širokopásmových anténních soustav, tj. soustav složených z jednotlivých širokopásmových antén, např. TV antén pro celé pásmo.

Impedance nelaďených napáječů musí být shodná s impedancí jednotlivých antén soustavy. Mají-li antény na obr. 35a impedanci 300Ω , musí být úsek a z napáječe a z charakteristické impedance 300Ω . Pokud se použije k napájení jednotlivých antén soustavy sousose kabely o impedanci 75Ω , je nutné zařadit mezi kabel a anténní svorky symetrickou a transformační obvod.

Paralelním spojením dvou antén o impedanci 300Ω dosádáme ve společném napájecím místě impedanci celé soustavy, která je v takovém případě 150Ω , popř. $37,5 \Omega$ při napájení sousosem kabelem (dvakrát 75Ω paralelně). Pokud nemají na napáječe celé soustavy vzniknout stojaté vlny (CSV = 2), je třeba opět respektovat hledisko impedančního přizpůsobení. (CSV = 2 však není taková vělost, činítele stojatých vln, která by na napáječích TV antén zhoršila kvalitu obrazu patrným způsobem. Ztráty neprizpůsobením jsou v tomto případě asi $0,5 \text{ dB}$).

Čtyři paralelně spojené antény 300Ω podle obr. 35b naproti tomu umožňují použít sousose napájení 75Ω celé soustavy přímo, jen se symetrickým členem.

Anténní soustava s postupně připojovanými dvojicemi základních antén podle obr. 35c můžete opařit témito napáječi: úsek a - 300Ω , b - 150Ω , napájecí celé soustavy - 75Ω . Podobným způsobem je nutné postupovat při napájení jiných, složitějších soustav, mají-li být základní antény napájeny nelaďenými napáječi.

Realizace nelaďeného napájení amatérskými prostředky je někdy nesnadná pro potíže s opatřováním, případně výro-

bou napáječů s požadovanou impedancí. V těch případech lze s výhodou používat napájení laděné - rezonanční.

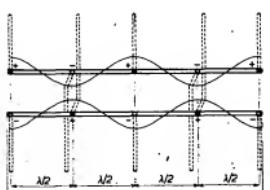
Laděné napájení

Úseký napáječ, jímž jsou jednotlivé antény soustavy připojeny ke společnému napájecímu místu, nebo jímž jsou propojeny navzájem, musí mít **určitou elektrickou délku**, která je v určitém vztahu ke střednímu kmitočtu pracovitého pásmá soustavy. Zpravidla bývá tato délka kálovým nebo sudým násobkem vlnovin vlnové délky středního kmitočtu. V takových případech hovoříme o rezonančních napáječích. Úseký napáječ mezi jednotlivými anténními soustavami nemusí mít stejnou délku, rozdíl délek však musí být opět sudým nebo lichým násobkem poloviny vlnové délky $\lambda/2$. Musí být opět spinána podmínka soufázového napájení jednotlivých antén soustavy. Antény jsou napájeny soufázově, pokud jsou stejnohmotné poloviny aktivních prvků spojeny napáječi a dečíce, která je sudým násobkem $\lambda/2$, popř. celistvým násobkem λ ($1\lambda, 2\lambda, 3\lambda$ apod.). Pokud je z konstrukčních důvodů výhodnější použít k propojení jednotlivých antén napáječ, jejichž délky jsou lichým násobkem $\lambda/2$ ($0,5\lambda, 1,5\lambda, 2,5\lambda$ apod.), je nutno upřesnit této délky překřížit, tj. spojit protilehlé konce aktivních prvků, aby byla spinána podmínka soufázového napájení.

Vysvětlení je patrné z obr. 36, na němž je schematicky znázoremen okamžitý průběh fáze na souměrném rezonančním vedení. Fáze se mění o 180° (z „+“ do „-“) během každé půlvlny. Aby tedy byla spinána podmínka soufázového napájení, musí být stejnohmotné poloviny aktivních prvků připojeny k napáječi v místech stejné fáze (stejný „polarity“ v daném okamžiku). Jsou-li úseký napáječ mezi jednotlivými anténními celistvými násobky vlnové délky, připojujeme aktivní prvky (dipoly) přímo. Jsou-li lichým násobkem půlvlny, připojujeme je střídavě na protilehlé vodiče, popř. zkříženými úseký napáječi spojujeme protilehlé poloviny aktivních prvků.

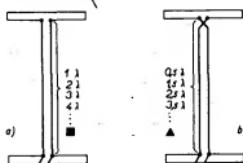
Rezonančních napáječů lze s výhodou využít u patrových anténních soustav, tj. u antén, řazených nad sebou. Rezonančním napáječem lze jednotlivé antény průběžně propojit a společně napájet připojit např. ke spodní krajní anténě, případně ke kterékoliv jiné. Celé napájení se tím značně zjednoduší v porovnání s nelaďeným napájením též soustavy.

U rezonančních napáječů nezdejší na jejich impedance, tzn. že charakteristická impedance takových napáječů nemusí odpovídat impedanci jednotlivých antén soustavy, což je z hlediska konstrukce amatérských zhotovených anténních soustav značně zjednodušení. Využívá se vlastnosti vedení, jehož elektrická

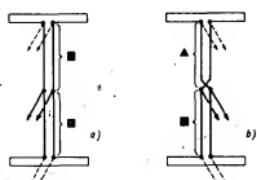


Obr. 36. Okamžitý průběh fáze na souměrném rezonančním vedení

délka je celistvým násobkem $\lambda/2$. Vedení této délky transformuje impedanci v poměru 1:1 bez ohledu na vlastní charakteristickou impedanci. Prakticky to znamená, že např. na začátku napáječe 600Ω délka 0,54, 1,4, 1,54, 2,4 atd. připojeného k anténě o impedanci 300Ω je opět 300Ω . Zároveň ztráty odrazem v takovém případě nevznikají. Společný napáječ celé anténní soustavy (pokud není sám rezonanční) však musí svou impedanci respektovat výslednou impedanci celé soustavy v místě svého připojení, kam rezonanční napáječ přeformuluje jí impedance paralelně spojených jednotlivých antén.



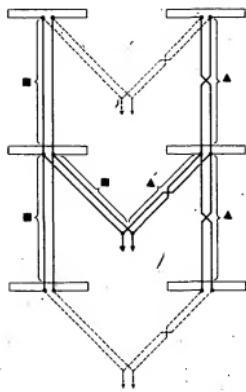
Obr. 37. Rezonanční napájení jednoduché anténní soustavy



Obr. 38. Rezonanční napájení jednoduché anténní soustavy

Na obr. 37 až 39 jsou některé případy použití rezonančního napájení jednoduchých anténních soustav. Obr. 37 ukazuje rezonanční napájení jednoduché anténní soustavy, složené ze dvou antén nad sebou. Pro zjednodušení jsem išel opět místo celých antén využením jen jejich aktivních prvků. Společný napáječ je připojen k jedné z obou základních antén. Na obr. 37a jsou obě antény spojeny napáječi délky $1\lambda, 2\lambda, 3\lambda$ atd. Navzájem jsou tedy propojeny stejnohmotné poloviny aktivních prvků. Vpravo na obr. 37b jsou antény propojeny napáječi délky $0,5\lambda, 1,5\lambda, 2,5\lambda$ atd. Překříženým napáječem jsou zde navzájem spojeny protilehlé poloviny aktivních prvků, aby byla spinána podmínka soufázového napájení.

Pokud je rezonanční napáječ, spojující obě antény, dlouhý $2\lambda, 4\lambda, 8\lambda$ atd., lze společný napáječ připojit nejen u kterékoliv z antén soustavy, ale i uprostřed, jak je vidět na obr. 38 vlevo. Pravá část obr. 38 zákonrůuje připojení společného napáječe, spojujícího obě antény soustavy, pokud je jeho délka $1,5\lambda, 2,5\lambda, 3,5\lambda$ atd. V takovém případě jež lze připojit též ke kterékoliv z obou antén.



Obr. 39. Rezonanční napájení větší anténní soustavy

Na obr. 39 je schéma rezonančního napájení vstříkantí soustavy, složené ze dvou trojic antén vedle sebe. V pravé polovině soustavy jsou délky napájecích lichinásobkem $\lambda/2$, v levé sudým násobkem $\lambda/2$. I když se v praxi naznačeného způsobu neuvizla, je z hlediska fáze napájení celé soustavy v pořádku.

Na předchozích obrázcích je překřížení rezonančních napájecích kresleno v různých místech. Z elektrického hlediska to není na závadu. Prakticky však souměrné ladění vedení přetáčíme na jistém úseku vedení, nejčastěji po celé délce úseku mezi napájecími body.

Laděné napájení je kmitočtové závislost, nezaručuje soufázové napájení v širokém kmitočtovém pásmu. Kmitočtová závislost se zmenšuje se zmenšující se charakteristickou impedancí rezonančních napáječů. Laděného napájení tedy nevyužíváme v širokopásmových soustav, určených pro příjem celých pásem.

Je třeba zdůraznit, že **zatím** hovoříme jen o elektrické délce napáječe a nikoliv o vzdálenostech mezi jednotlivými anténami, které se nemusí s délkou napáječe všechny shodovat. Mohou být i podstatně menší. To je vlastně vždycky, když je napájecí vedení s dlektřenem (>1), jehož skutečná délka je vždy menší než délka elektrická. Pouze délka vzdáleného vedení bývá téměř totálně svou vzdáleností jednotlivými anténou soustavou.

Jak již bylo řečeno, je freba při **cestování** anténních soustav respektovat hledisek fázový i impedanční. Impedanční soustavy je dáná paralelním spojením impedancí základních antén. Jejich impedance se vžák v závislosti na vzdálenosti mění. Změna velikosti impedance je, lím, větší. Čím těsnější je vzájemná vazba jednotlivých antén soustavy, tj. čím jsou antény blíže u sebe. Pokud je však jejich vzájemná vzdálenost větší než 11, je změna původní impedance poměrně malá, takže při stanovení impedanční celé soustavy prakticky počítáme s původní impedancí jednotlivých antén soustavy.

Dosud uvedené poznatky o anténních soustavách je možno shrnout takto:

Anténními soustavami řešíme požadavek na větší čas antény místech slabého signálu, nebo oázotku nerušeného příjmu TV v místech, v nichž je příjem znechodemní odrazý z jiných rušením, dopadajícím na anténu ze směru jen malo odlišného od směru žádaného. Směrové vlastnosti anténních soustav jsou dány směrovými vlastnostmi jednotlivých antén soustavy, jejich počtem, uspořádáním, způsobem napájení a vzajemnou vzdáleností.

Zisk anténní soustavy se přímo úměrně zvětšuje s rostoucím počtem antén v soustavě. Každým dalším ziskem v optickém místě téměř o 3 dB . Maximální použitelný počet antén v soustavě je zpravidla omezen předešlým konstrukčním a mechanickým hlediska a dále rozložením elektromagnetického pole (jeho homogenitou) v místě antény (viz další částí článku).

Při napájení jednotlivých antén soustava je třeba respektovat impedanční a fázové poměry tak, aby antény byly napájeny v proudu se stejnou amplitudou a fází. K napájení jednotlivých antén soustavy používáme bud napájecí aperiodické - neladěné, nebo napájecí, rezonančně laděné. Dleto rezonančních napájecích jsou zpravidla soudým nebo lichým násobkem kmen poloviny vlnové délky středního pracovního kmitočtu anténní soustavy. Použitím rezonančních napájecích lze amatérské sví skrakovat i složitější anténní soustavy.

Vzájemná vzdálenost jednotlivých antén v soustavě a její vliv na směrové vlastnosti anténní soustavy

Při dodržení výše uvedených zásad je konečný tvar směrového diagramu a tím i zisk soustavy rozhodujícím způsobem ovlivněn vzájemnou vzdáleností jednotlivých antén. Výsledky tvaru směrového diagramu soustavy, popř. nejvhodnější vzdálenost k dosažení maximálního zisku lze stanovit výpočtem, známé-li směrový diagram jednotlivých antén v rovině, v níž je chceme řadit do soustavy. Polřebná odvození z postupu při numerickém výpočtu jsou složitější a vymykají se z rámce tohoto článku. Zájemci si najdou potřebné informace v příslušné literatuře [5], [38], [39], [40]. Zde si vysvětlíme princip a jednoduchou grafickou metodou, kterou lze použít při stanovení diagramu jednoduchých soustav, které přicházejí v úvahu při amatérské realizaci. Pro snazší shpochení principu uvedme nejprve opět praktický příklad, který ostatně můžeme ověřit i pokusem.

Mějme nejjednodušší anténní soustavu, složenou ze dvou antén, např. ze dvou TV přijímacích antén na III. pásmo (typ 12Y 1,8-0,92). Abychom mohli vliv jejich vzájemné vzdálenosti prakticky a snadno sledovat, musíme antény umístit vedle sebe, takže ovlivňujeme tvar diagramu v rovině, v níž můžeme soustavou otáčet kolem svého středu. Jak se nyní budeme

měnit směrový diagram se změnou vzdálenosti obou antén v porovnání se směrovým diagramem antény jediné?

Jsou-li antény těsně u sebe (což je v tomto případě realizovat jen u antén polarizovaných vertikálně), jsou směrové vlastnosti takové soustavy téměř shodné se směrovými vlastnostmi jediné antény.

mezi oběma anténami se začíná zužovat hlavní lalok, tj. zmenšuje se jak úhel příjmu, tak úroveň původních postranních laloků (pokud ovšem antény, z nichž je soustava složena, nežádoucí měly). Směrovní vlastnosti se tedy zlepší. Vzdáleností v zájmemě obě antény, zmenšuje se dalej úhel příjmu, a po stranách hlavního laloka, oddělení ostrými a hubkoumi minimy, se tvorí dva nové postranní laloky, zatímco původní postranní lalok, který zůstává na svém místě (v původním směru), se opět přechodně zvětší na původní úroveň. Nové postranní laloky se při dalším zvětšování vzajmě vzdálej, až antény rychle zvětší, až jsou prakticky stejně velké jako lalok hlavní (viz též obr. 42).

Maximální zisk pak má soustava přítakové vzájemné vzdálenosti základní antén, kdy je úroveň těchto nových postranních laloků asi o 10 dB menší, než je maximum laloku hlavního (0,316 maximálního napětí). Při větší vzájemné vzdálenosti antén se sice hlavní lalok zužuje, ale zisk soustavy se již zmenšuje v důsledku velmi rychle se zvětšujících postranných laloků.

Změna vzdálenosti mezi anténami soustavy však nemá vliv na velikost činitele zpětného příjmu ve směru 180° . Mění se jen charakter (členitost) zadního laloku.

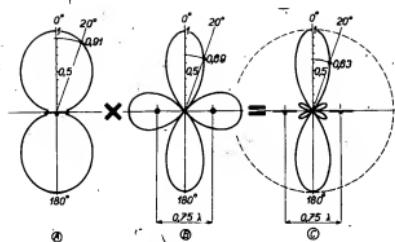
Výpočet směrového diagramu anténní soustavy

Při výpočtu směrového diagramu dané anténní soustavy vycházíme ze směrového diagramu řady všešměrových záříčí (tzv. izotropních záříčí), napojených stejným způsobem (tj. v našem případě – se stejnou amplitudou a fazí). Jde o směrový diagram řady záříčí, který má tolik členů, kolik jednotlivých antén má sestavovanou anténní soustavu v jedné rovině fázování.

Výsledný směrový diagram celé soustavy je pak dán součinem směrových funkcí diagramu jedné antény s výslednou směrovou funkcí rády toliká všesměrových záříčí, z kolik antén se celá anténní soustava skládá. Všesměrové záříčí přitom uvažujeme ve vzdálostech shodných se vzájemnými vzdálostmi jednotlivých antén soustavy

Formulace předchozího odstavce je snad trochu neobvyklá či složitá, ale jistě není nesrozumitelná. Populárnější řečenou - vysledný směrový diagram anténní soustavy získáme, když směrový diagram základní antény „vynásobíme“ směrovým diagramem anténní soustavy, složené z tolik „vseměrových anten“, z kolikkoliv jednotlivých anten se naše anténní soustava skládá. Toto „násobení“ diagramu je schematicky znázorněno na obr. 40, kde A je směrový diagram základní antény soustavy, v tomto případě dipolu $\lambda/2$. B je směrový diagram dvojice vseměrových zářic. C je pak vysledný diagram dvoučlenné soustavy, sestavené v tomto případě (tj. na obr. 40) ze dvou dipolů $\lambda/2$ umístěných vedle sebe ve vzdálenosti 0.75λ (vzdálenost středů). Navázání na výsobíme údaje v obou diagramech (A a B) odpovídající stejném směru (uhlu), což je na obr. 40 vyznačeno pro směr 270° .

- Pro vnitřní trh rozšířit sortiment inovovaných výrobků spotřební elektrotechniky s vysokými technickoekonomickými parametry, zejména barevných televizních přijímačů, magnetofonů, gramofonů, radiopřijímačů a dalších výrobků.



Obr. 40. Princip výpočtu směrového diagramu jednoduché anténní soustavy, sestavěné ze dvou soufázově napojených dipólů $\lambda/2$, vzdálených 0.75λ .

a v tab. 4 vždy po 10° pro úhly 0° až 90° . A protože diagramy jsou souměrné podle vodorovné v. svislé ose, stačí údaje vypočtené pro úhly 0° až 90° k zakreslení úplného směrového diagramu této anténní soustavy.

Tab. 4.

Úhel (směr)	A × B	C
0°	1.00×1.00	1,00
10°	0.98×0.91	0,89
20°	0.91×0.69	0,63
30°	0.82×0.39	0,32
40°	0.69×0.055	0,038
50°	0.56×0.22	0,12
60°	0.42×0.45	0,19
70°	0.28×0.60	0,17
80°	0.14×0.68	0,095
90°	0.00×0.71	0,00

Výsledný diagram dvojice dipólů $\lambda/2$, umístěných vedle sebe ve vzdálenosti 0.75λ má, jak je patrné, již poměrně výrazně směrové účinky – ovšem jen v rovině fází. V rovině kolmé (rovina H) zůstává diagram všešměrový, jak je vyznačeno na obr. 40c (čárkování).

K výpočtu či sestření směrového diagramu sestavované anténní soustavy potřebujeme znát směrový diagram základní antény soustavy a směrový diagram odpovídající fády všešměrových záříčí. Protože v běžné praxi obvykle vystačíme se dvěma anténnami vedle sebe (ve vodorovné rovině) a dvěma až čtyřmi anténnami nad sebou (ve vzdálenosti, jsou pro takovou anténní soustavu úplné směrové diagramy dvojic všešměrových záříčí vypočteny a znázorněny na obr. 41a a 41g a pro přesný výpočet na obr. 43. Jsou vypočteny pro vzdálenost $S = 0$ (t. j. vlastní diagram jediného všešměrového záříčí); $S = 0.25\lambda$, 0.5λ , 0.75λ ; 1λ , 1.5λ a 2λ . Jak praktický příklad jsou pak na obr. 42a a 42g znázorněny směrové diagramy jednoduché anténní soustavy, sestavené ze dvou horizontálně polarizovaných dvánáctiprvkových TV přijímacích antén na III. pásmu a pro kmitočet $199,25$ MHz (anténa – typ 12Y 1.8-0.92 na kmitočtu $f = 0.97 f_{\text{m}}$), umístěných vedle sebe (ve vodorovné rovině). Směrové diagramy této soustavy jsou stanoveny pro stejnou vzdálenost jako u dvojice záříčí všešměrových na obr. 41, t. j. pro $S = 0$ (což je vlastní směrový diagram základní antény soustavy); 0.25λ , 0.5λ , 0.75λ , 1λ , 1.5λ , 2λ . Byly vypočteny „násobením“ směrových diagramů základní antény soustavy (obr. 42a) s diagramy dvojic všešměrových záříčí uvedených vzdálenostech (obr. 41).

Názorné výsledky, které vyplynou z grafických znázornění na obr. 41 a 42, jsou již doslova instruktivní a nepotrebují dalšího vysvětlení.

Maximální zisk má tato anténní soustava při vzdálenosti dílčích antén $S_E = 1.5\lambda$, jíž toho je vidět, že optimální vzdálenost základních antén musí být tím větší, čím užší je hlavní lalok základní antény soustavy, popř. čím má tato anténa větší zisk, čím je anténa delší (pokud jde o Yagiho anténu). Z poměrně členitého směrového diagramu fády (v našem případě dvoučlenném), totiž využíváme „jeho násobení“ především jen toho laloku, „jehož směr se shoduje se směrem hlavního laloku základní antény“ (t. j. směr 0°). Ostřílný lalok této fády jen ovlivňuje charakter (členitost) diagramu základní antény v ostatních směrech. Abychom tedy dosáhli maximálního zisku, tzn. aby se hlavní lalok anténní soustavy zůstal zhrušba na polovinu a devede něho vznikly da nové postranní laloky (-10 dB), musí být vzdálenost jednotlivých antén soustavy tak velká, aby „hlavní lalok“ odpovídající fády všešměrových záříčí byl ještě leží mimo této fády (v našem případě dvojice) všešměrových záříčí, násobené příslušnou údají směrového diagramu základní antény nulou, takže výsledném je diagramu soustavy. Znamená to tedy také, že na polohu této nových miním (odpovídajících nulám příslušné fády všešměrových záříčí) nemá diagram základní antény soustavy vůbec vliv. Objeví se v diagramu naší dvoučlenné soustavy právě tak, jako v diagramu dvoučlenné soustavy jiné, např. sestavené jen z dipólu $\lambda/2$. (Pro $S_E = 0.75\lambda$ je to možno ostatně porovnat na obr. 40c).

K příkladu na obr. 42 je třeba ještě dodat, že horizontální směrové diagramy pro dvojice horizontálně polarizovaných TV antén vedle sebe a pro $S_E = 0.25\lambda$ až 0.5λ nelze v praxi dosáhnout namířit vzhledem k tomu, že při této vzdálenosti (je to vzdálenost středů antén, popř. vzdálenost os nosných ráben), by se překryly až nebo dokýaly konce pravk. Kdyby však šlo o antény polarizované vertikálně, nečinilo by změnu diagramu pro $S_E = 0.25\lambda$ až 0.5λ potíže.

V obr. 42 nejsou také zakresleny zadní laloky (mezi 90° až 270°). Jsou totiž potlačeny o více než 23 dB. Změna jejich členitosti se změnou vzdálenosti dílčích antén proto nemá praktický vliv na zisk anténní soustavy a jejich znázornění na obrázku by bylo malo zretelet.

Na první pohled je vidět značný rozdíl ve směrovosti této soustavy pro $S_E = 1.5\lambda$ (obr. 42f) v porovnání se směrovostí základní antény soustavy (obr. 42a). Tento rozdíl se ovšem objevuje jen v rovině fází, zatímco v rovině kolmé zůstává původní tvar směrového diagramu základní antény zachován (je na obr. 42f pro informaci též zakreslen čárkován). Tepředu další dvojici stejných antén, zářízenou ve vzdálenosti, bylo možno ovlnit původní směrový diagram v této rovině podobným způsobem, jako v případě dvou antén vedle sebe. Potřebná optimální vzdálenost S_E této dvojice nad původní dvojicí je však byla poněkud menší, protože ve vzdálené rovině (úhlu příjmu) jedné Yagiho antény poněkud širší, než v rovině vodorovné. O tom však podrobnejší až v další kapitole, při praktickém určování rozdílů anténních soustav.

Podíváme-li se nyní na průběh zisku v závislosti na vzdálenost obou základních antén soustavy (obr. 43) vidíme, že pro dosažení maximálního zisku je třeba v našem případě volit vzdálenost kolem 1.5λ . Z obr. 43 je těž patrné, že v oblasti maximálního zisku není jíž příběh zisku příliš kritický. Zisk se z maximu zmenší o 0.5 dB (v našem případě) pro vzdálenost $S_E = 1.1\lambda$, popř. 1.8λ . Při vzdálenosti $S_E = 1.8\lambda$ jsou však již poměrně výrazně postranní laloky, což je zpravidla nepříjemné.

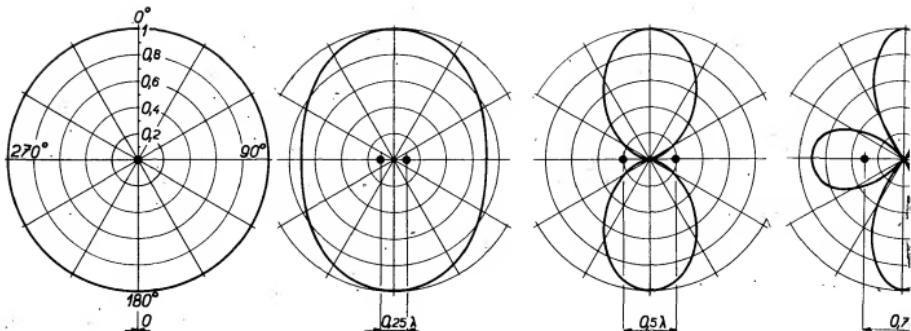
Je třeba ještě upozornit na to, že směrové diagramy na obr. 42a až 42g jsou ve vzdáleném vztahu, pokud jde o vlastní tvar směrového diagramu. Kdyby však měly svými amplitudami napětí respektovat skutečný zisk, popř. přírůstek zisku v porovnání se základní anténnou soustavou (s maximem 1.0 ve směru 0°), bylo by nutné násobit amplitudy diagramů ve všech směrech součinitelem, odpovídajícím přírůstku zisku této soustavy pro tu kterou vzdálenou vzdálenost dílčích antén (tab. 5).

Tab. 5.

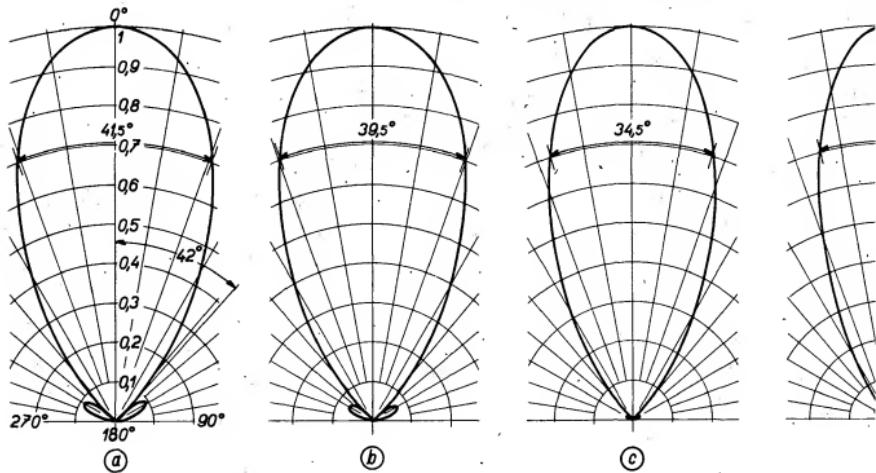
Pro S_E	je přírůstek a	součinitel
0	0, dB	1,0
0.25λ	0,2 dB	1,023
0.5λ	0,7 dB	1,083
0.75λ	1,4 dB	1,175
1λ	2,1 dB	1,274
$2,0\lambda$	1,8 dB	1,230

Údaje ovšem platí jen pro uvedenou anténní soustavu na daném kmitočtu, případně pro anténní soustavu složenou z takových základních antén, jejichž směrové vlastnosti jsou shodné se směrovými vlastnostmi TV přijímací antény typu 12Y 1.8-0.92.

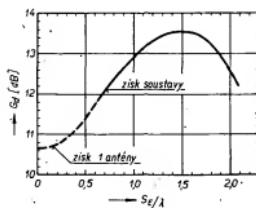
Podobně by bylo nutno upravit i diagram na obr. 40c, v němž by maximum soustavy mělo mit velikost 1.38 , protože proti základní anténě – dipolu $\lambda/2$ – jde o přírůstek $2,8$ dB. V tomto případě je ovšem o skutečný zisk, protože základní anténu je dipol $\lambda/2$, který je, jak víme, referenční anténa při praktickém udávání zisku.



Obr. 41. Směrové diagramy dvojic všeobecných zářičů, soufázov



Obr. 42. Směrové diagramy dvoučlenných anténních soustav, sestavených ze dvou soufázově napájených TV přijímacích antén (typ 12Y 1.8-0.92), umístěných vedle sebe, pro $S_E = 0; 0.25\lambda; 0.5\lambda; 0.75\lambda; 1\lambda; 1.5\lambda$ a 2λ

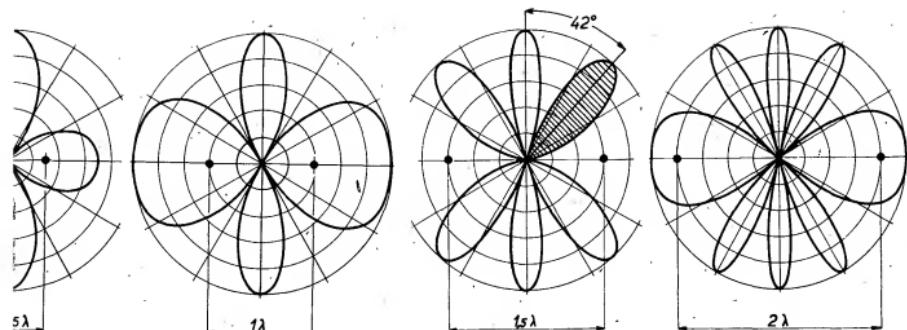


Obr. 43. Křivka zisku dvojice antén podle obr. 42 pro různé vzdálenosti S_E

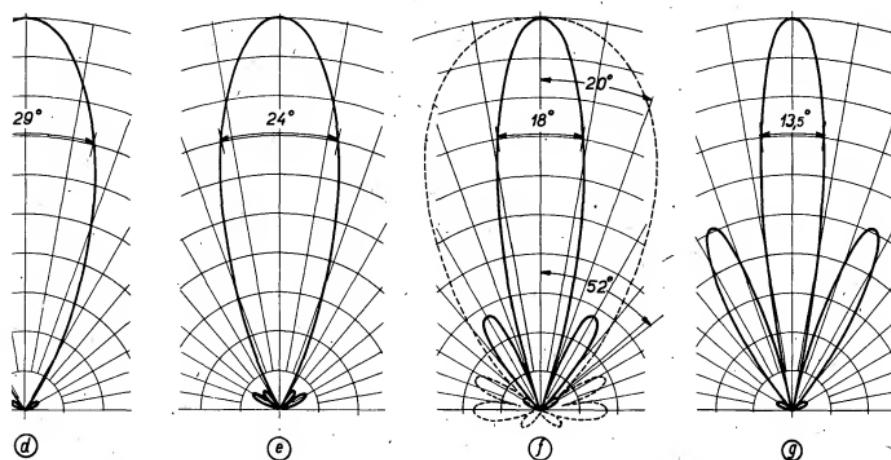
Pro přesný výpočet tvaru směrových diagramů dvoučlenných anténních soustav, jejichž jednotlivé antény jsou napájeny se stejnou amplitudou a fází, jsou příslušné údaje směrových funkcí nakresleny na obr. 44. Protože jede o směrové diagramy souměrné kolem svíslé (0° až 180°) a vodorovné (90° až 270°) osy, postačí průběhy mezi 0° až 90° pro určení celého diagramu. Pomoci tohoto diagramu tedy můžeme určit tvar směrového diagramu až čtyřčlenných (dvě dvojice nad sebou) anténních soustav. Pro výpočet vícečlenných anténních soustav (vice než dvoučlenných v jedné rovině záření) je nutno velikosti směrových funkcí odpovídající fády všeobecných zářičů vypočítat podle informací, uvedených v [5], [38], [39], [40]. Ovšem u čtyřčlenných soustav (tentokrát minimálně čtyř jednotlivé antény v jedné rovině) lze postupovat též tak, že nejdříve vypočteme směrové dia-

gram dvoučlenné anténní soustavy, kterou budeme v dalším považovat za jednu ze dvou základních „antén“ soustavy, a opakováním postupu, dojdeme k výslednému diagramu celé čtyřčlenné soustavy. Vzájemná vzdálenost je potom ovšem vzdálenost mezi středy obou dvojic základních antén soustavy. Stejným způsobem je pochopitelně možné postupovat i při jiných složitějších anténních soustavách.

Obr. 44. Směrové diagramy dvojice soufázově napájených všeobecných zářičů podle obr. 41, použitelné k výpočtu směrového diagramu jednoduchých anténních soustav



é napájených, pro $S = 0; 0,25\lambda; 0,5\lambda; 0,75\lambda; 1\lambda; 1,5\lambda; 2\lambda$.

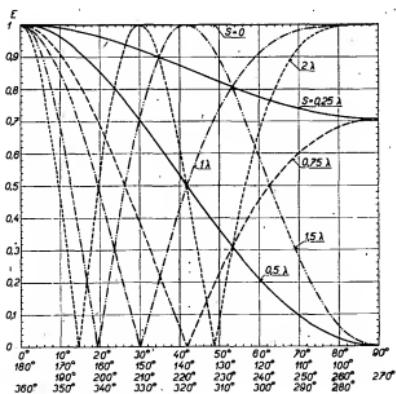


(d)

(e)

(f)

(g)



POZOR!

V letošním ročníku AR fády B se mění proti loňskému roku data vycházení jednotlivých čísel k tisku:

AR fády B č. 1 vyjde podle harmonogramu výroby

č. 2	20. 1.
č. 3	17. 3.
č. 4	26. 5.
č. 5	21. 7.
č. 6	15. 9.
	24. 11.

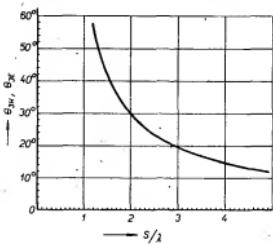
Čísla budou věnována zajímavým a praktickým zapojením (č. 2), operačním zesilovačům, mikroprocesorům a co s nimi, spináným stabilizovaným zdrojem atd.).

Redakce

Stanovení rozměrů anténních soustav

Pokud je při konstrukci anténní soustavy vůčim hledíkem maximální zisk, pak nás v běžné praxi úplný tvar směrového diagramu zajišťá až druhé řádě. Jde nám především o vznovení optimálních rozmetrů, tj. o určení vzájemných vzdáleností jednotlivých antén soustavy s ohledem na maximální zisk anténní soustavy. V takových případech lze rozmetr soustavy, popř. typ vzdáleností určit s dostačující přesností z charakteru směrového diagramu základní antény, tj. z polohy (směru) minimální příležitých k hlavnímu laloku, nebo z sítě hřivkového laloku - čili z veli-kosti ulní příjmu. Tyto základní parametry směrové antény by měli ostatně každý popis obhospodařovat. Zhruba lze vzájemnou vzdálenost základních antén soustavy určit i z jejich rozmetrů (u Yagiho antény z její celkové délky).

Na obr. 45 je vyjádřen vztah mezi optimální vzájemnou vzdáleností Yagiho antén v anténní soustavě v závislosti na poloze (směru) prvního minima základní anténní soustavy. Vychází se zde z poznat-



Obr. 45. Optimální vzdálenost S dvou antén tvořících soustavu v závislosti na úhlu příjmu – záření (Θ_0), popř. na úhlu (směru) prvního minima jedné z antén soustavy. (Předpokládá se úhel příjmu nebo úhel prvního minima v rovině řazení)

ku, že optimální významová vzdálenost jednotlivých antén soutavy je rovna významové vzdálenosti odpovídající řádu vše směrových zářičí, při níž se shoduje směr (úhel) maximální prvního posílení, lalu (na obr. 41 je tento postranní lalok řádu vše směrových zářičí) s směrem (úhlem) prvního minimu směrového diagramu základní antény soutavy. Cílem tedy základní antény soutavy je užití hlavního laloka, tím blíže směru 0° leží oddělující minimum a tím větší musí být významová vzdálenost jednotlivých antén, aby bylo dosaženo maximálně možného zisku. Nově vzniklé postranní laloky u takto navržené antény soutavy jsou potaženy vlnovodem a antény jsou vloženy do vlnovodů.

zhruba o 10 dB proti lajčkovu hranivmu. Ze směrového diagramu TV přijímací antény na obr. 41a lze pro směr prvního minima přečíst úhel 42° . Směr 42° pak na obr. 45 odpovídá optimální vzdálenost $1,5 \lambda$, což je vzdálenost dvou horizontálně polarizovaných antén vedle sebe. Vycházíl jsem totiž z horizontálního diagramu základní antény, popř. z diagramu v rovině pravky (rovina E).

Na obr. 41f je čárkované zakreslen směrový diagram stejné antény v rovině vertikální, tj. v rovině kolmé na rovinu prvků (rovina E). První minimum je zde odchyleno od směru 0° o 52° . Z obr. 45 přeteče pro 20° optimální vzdálenost mezi horizontálně polarizovanými anténami nad sebou $1,25 \lambda$ (tj. rozdíleny v rovině vertikální). Potřebné optimální vzdálenost je tedy o něco menší než v případě předchozích. Souvisí to se zákonitou vlastností Yagiho antény, ježíž směrový diagram (úhel příjmu) v rovině prvků (rovina E) je vždy užší, než v rovině kolmé na rovinu prvků (rovina H). Rozdíl mezi úhly příjmu v obou rovinách je tím menší, čím je anténa delší. U antén delších než 4λ je možno prakticky považovat úhly v obou rovinách za shodné, tř. že mohou být shodné vzdálenosti při fazení antén v obou rovinách.

V jakém vzájemném vztahu jsou úhyb příjmu v obou rovinách u různých dlouhých Yagiho antén je vidět z obr. 11. Závislosti vyznačená dvěma krivkami platí s dostatečnou přesností jen pro „optimální“ Yagiho antény, tj. pro antény „náležející“ na maximální zisk tak, že plati závislost zisku na délce Yagiho antény podle obr. 9. Případné odchylky mohou být způsobeny různým náležením direktoru, jímž (ze jakýh jíme) ovlivním postavení postranních laloků. Při stejně déleč antény a stejném zisku lze totiž např. postupným zkracováním direktoru zmenšit postranní laloky za cenu rozšíření laloku hlavního. Při tom však také anténa opatřená shodnými (stejně dlouhými) direktory může mít stejný zisk, avšak její směrový diagram je užší, zatímco její postranní laloky jsou „normální“, v průměru jen asi 10 dB pod úrovny laloku hlavního. Z této okolnosti může tedy závislost na obr. 11 spíše vyznamenávati. Vyznačena průběhy plati pro Yagiho antény se středním postranním lalokem.

čenými postranními laloky, které se v praxi vyskytují nejčastěji. Zákonitý průběh směrovinového diagramu Yagiho antény, pracující v oblasti maximálního zisku, umožňuje stanovit s dostatečnou přesností optimální rozdíly soustav, sestavené z takových antén, též z šířky hlavního laloku, tj. z velikosti úhlu příjmu. U Yagiho antény, pracující v kmitočtové oblasti maximálního zisku, je totiž první minimum odchýlené od směru 0° o úhel, rovnající se prakticky úhlu příjmu základní antény. Proto lze použít vztah na obr. 11 k určení optimálního základného mezi anténami, známého úhel příjmu základní antény soustavy. Velikost úhlu na svíšle stupnicí tedy oznájuje buď směr (úhel) prvního minima, nebo úhel příjmu základní antény soustavy. V praxi je výhodnější vychádat z úhlu, odpovídajícího směru prvního minima základní antény, který můžeme amatérskými prostředky určit snaze a přesností než úhel zájmu (α).

Vzhledem k vzájemné souviselosti mezi ziskem a délkou Yagihó antény, tzn. též mezi délkou a úhlem příjmu, lze zhruba odhadnout potřebnou vzdálenost základních antén soustavy i z celkové délky Yagihó antény. K informativnímu zjištění použijeme postupné grafy na obr. 10 (délka antény, úhel příjmu) a na obr. 45 (úhel příjmu, optimální vzájemná vzdálenost).

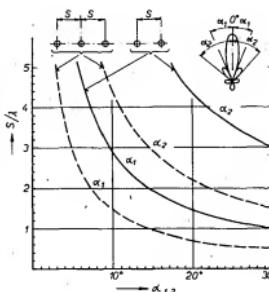
průměr, optimální vzájemnou vzdálenost). S ohledem na rychle se zvětšující postranní latoky při překročení optimální vzdálenosti S_{d} je v praxi výhodnější volit vzájemnou vzdálenost dílčích antén podle menšího (o 10 až 20 %), než jaká vychází podle kritiky na obr. 45. Tomu odpovídají zmenšené risky ještě zádatelnější, jaký ostatně patrné z obr. 43. Rozměry anténní soustavy, popř. vzájemnou vzdálenost jednotlivých antén soustavy stanovenou nejčastěji v závislosti na vvedeném

ných způsobů, platí jak pro dvoučlenné, tak i vícečlenné anténní soustavy. U vícečlenných anténních soustav jsou vzájemnou vzdáleností antén stejně a při jejich určení vycházíme opět ze známých parametrů zakladní antény podle uvedeného základu.

Snažme-li se anténni soustavou odstranit nebo změnit rušení, dopadající na anténu ze směru jen mělo odlišného směru k přijímané stanici (jak je to vysvětleno na str. 16), zajímá nás vzdálenost jednotlivých antén soustavy, při kterou se v daném směru vytváří nula (minimum) ve směrovém diagramu soustavy. Uhez tohoto minima (α), měřený od směru maximálního příjmu (0°), je určen vzájemnou vzdáleností antén, popř. vzájemnou vzdáleností odpovídající rádiovým frekvencím zářících, ježí směrovou funkci se násobi směrovým diagramem základní antény.

Směr (α) ležícího minimu (μ) je provedu až tříčlennou faudu (anténní soustavu

vu) v závislosti na vzdálenosti S (S_E nebo S_H) určen grafem na obr. 46. Graf poskytuje výchozí informaci pro návrh anténní soustavy, potlačující rušení v rozsahu $180^\circ + 30^\circ \rightarrow 20^\circ$. Tiskové pořízení je uvedeno na obr. 47.



Obr. 46. Úhel (směr) prvních minim (nul) dvou a tříčlenné anténní soustavy pro různou vzdálenost S jednotlivých anténní soustavy. Podle křivek lze navrhnut anténní soustavu potlačující rušení ze směru $+3$ až $+30^\circ$.

nulu ve směru $\alpha = 10^\circ$, použijeme dvojicu libovolných antén ve vzájemné vzdálenosti $S_0 = 2,88\lambda$, nebo trojici antén vzdálených navzájem $1,44\lambda$. Při současném požadavku na optimální zisk ve směru 0° musíme vložit volit délku základní antény soustavy, tj. volit takovou anténu, pro niž je vzdálenost S zjištěná z grafu na obr.

46, optimální i v hledise zisku. Pomocí grafu na obr. 45 a pak na obr. 11 zjistíme, že dvoučlennou soustavu lze např. sestavit z antén, které mají při maximálním zisku úhel příjmu $\Theta_{\text{E}} = 20^\circ$ a délku $L = 7\lambda$. Pro tříčlennou soustavu vybereme Yagi-Uda antény, které mají $\Theta_{\text{E}} = 43^\circ$ a $L = 1.6\lambda$. Rozměrová tabu-

(tab. 2) by těmto požadavkům odpovídaly např. antény G a H; popřípadě i jiné typy antén s požadovaným úhlem Θ_E . (Dosud uvedené zásady a principy pro šestavovární anténních soustav platí obecně a nejsou tedy omezeny jen na Yagiho antény).

Pro úplnost upozorujeme na jeden fakt, vyplývající názorně z i obr. 46. Směr minimního náruč počtem souřadové napájených jednotlivých antén soustavy, ale celkovým rozměrem soustavy, který je v obou případech 2,88λ. Požadovaný směr prvního minima $\alpha_1 = 10^\circ$ tedy získáme v řadou šesti dipólů $\lambda/2$ se vzdálostí středů

$$S_E = 0,576\lambda (5 \times 0,576 = 2,88\lambda).$$

Ziski antény byly ovšem menší. Uzáje zjištěné z obr. 46 pochopitelně platí i pro řazení antén nad sebou, konstrukčně jednodušší uspořádání několika antén nad sebou je možné využít k omezení místního rušení (průměrného poruchy, zapalování apod.), které na přijímací anténu dopadá pod poměrně malým elevačním úhlem. Optimální „dosmrzování“ antény v této případě někdy využádá malý náklon nebo záklon stozáru.

Zmíněný způsob potlačení nežádáných signálů jednohočinné antény soustavou je jedním z mnoha, které umožňuje realizovat takto nejednočinnou soustavu. Charakteristiky velmi krátkých vln, a zvláště pak ve výškové členité a silněznačné závěsti, vytváří často velmi komplikované, beznýzkové prostředky nerešitelné přijmo-
vý podmínky, které znehodnocují nebo zcela znezmohou příjem barevného, ale i černobílého televizního signálu. **V řadě případů je však možné příjem zlepšit.** Nutným předpokladem je však předešvím pečlivý průzkum přijmočových podmínek v místě předpokládaného a možného umístění antén, a pak volba a realizace vhodných metod „odrůšení“. Jde o práci časově velmi náročnou, vyžadující znalosti i zkušenosť. Zájemci najdou některá „řešení“ „protipropukrového“ příjmu v obsaženém článku [35].

„Pokud se touto problématickou nebudou moci vzdáleně zabývat montážní organizace, zůstane odstranění nekalvitního příjmu záležitostí iniciativních a dostatečně kvalifikovaných pracovníků amatérských; alespoň do té doby, než se dočkáme kabelových rozvodů nebo primého důzvodučího vysílání.“

Praktické využívání anténních soustav

Z předchozí kapitoly víme, že se použitím anténních soustav snažíme vyřešit dva problémy: jednak zvětšit zisk a jednak potlačit nežádoucí odrazy či rušivé signály na kmitotu přijímaného TV vysílače. Zatímco první aspekt, zvětšení zisku, se většinou přecení, tak druhý, potlačení příjmu z nežádoucích směrů, se většinou nedočcehej. Víšme následně si nejprve prvního případu.

Víme, že optimálním uspořádáním dvou stejných antén můžeme teoreticky získat maximální přírůstek zisku 3 dB. Každé další získání povoleným pak teoreticky přináší další zisk 3 dB. Předpokládáme pro maximální přírůstek zisku však je:

- optimalní výjemná vzdálenost jednotlivých antén tvorících soustavu,
- dokonale sfázovaný antén soustavy,
- bezetrzávotné napájení jednotlivých antén soustavy a přizpůsobení celé soustavy,
- dostatečná homogenita přijímaného elektromagnetického pole v prostoru zajišťující anténní soustavou.

Problematická není optimální vzdálenost, která ostatně ani není příliš kritická. Rovněž soufázové napájení lze při shodnosti antén a pečlivé instalaci napájecích zaručit. **V praxi se však přehlíží vliv útlumu napájecí jednotlivých antén soustavy a homogenitě pole v místě příjmu.**

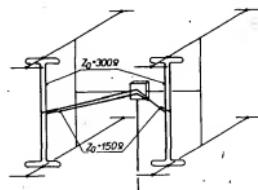
už na homologaci poté v místě příjmu.
Utlum běžných napájecích je řešena brá
v úvahu zejména v N. pásmu a jeho
nejvýšších kanálech. Při napájení sou
osým kabelem se zpravidla používá
s pěnovým dielektrikem VFKV 630, typ.
VFKV 633 (označení VCCO 75-5,6
a VCCCD 75-5,6, viz AR řady B, č. 6/
1981). Na 750 MHz, byl naměřen utlum
24 dB/100 m, tj. asi 0,25 dB na 1 m. Pro
napájení jednotlivých anten soustavy slo
žené ze čtyř anten typu 177 4,1 (anténa G)
nebo 204 4 (anténa F) potřebujeme při
jejich uspořádání podle obr. 47 kabely

Obr. 47. Napájení jednotlivých antén čtyřčlenné soustavy souosým kabelem. Většinou jde o napájení aperiodické

fyzikální délky 14 až 15λ, což na 750 MHz je asi 5,5 až 6 m. Jen útloum kabelu se tedy redukuje maximální teoretický přírůstek zisku o 1,5 dB. K tému ztrátám je třeba dle přípočtu útlum symetrických členů, kterými musí být při tomto způsobu napájení každý anténa opatřena, plus další ztráta 0,5 dB, způsobenou vzdálenou vazbou antén a jiným nekontrolovaným vlivy. Výhodou dobré provedeného souosého napájení jednotlivých antén soustavy je však jeho mechanická a klimatická odolnost a dlouhodobá stabilita parametrů. Nevhodný je potéba symetrizace u každé antény a malá výstupní impedance v místě spojení napájecího (75 : 4 = 18,75 Ω). Zpravidla se však do tohoto místu zapojuje anténní zesilovač, nebo filtrov, jehož vstupní obvody lze impendanci antény přizpůsobit. Řešením je i transformátor $1/4$ ze dvou paralelních kabelů 75 Ω (impedance 37,5 Ω), který impendanci 18,75 Ω zebe ztrát přetvorí zpět znovu na 75 Ω. Nejdří

ověření o transformaci šířkopásmovou, což zpravidla nevadí, protože se při dálekom přímu či komunikaci soustředí jednotlivé obvykle na užší pásmo. Spojení jednotlivých antén 300 ° soustavy souněrnými anténami, dvoulinkami typu VFSP 510 (plochý typ) nebo VFSV 515 (oválný typ), nově označené PL 300-515 a CLE 300-56, je z hlediska ztrát utlumenem poněkud výhodnější. Útlumen napájecí VFSV 515 (oválný typ) je na 750 MHz 42 dB/100 m, nemá tedy o mnoho menší, než jaký má v předchozím uspořádání uvažovaný soušob kabel VFKV 630 s pěnovým dielektrikem. Délka souněrných napájecích však bývá krátká (nekrátká spojení antén). Odpadají jednotlivé symetrické obvody u každé antény a výstupní impedance je žádaných 75 Ohm. Převážu však nesnází iiné. Utlumen souněrných nestíněných na-

pájeců je ovlivněn klimatickými vlivy krátkodobými (deště, namára) i dlouhodobými (trvalé zvětšení útlumu znečištěním povrchu). A dalek – pokud se nevěnuje dostatečná pozornost mechanickému upravení současných napájecích, jeřábské vodě se po delší či kratší dobu pěstuje (kmitáním) bez zjevného vnějšího poškození. Plochy typ dvojkulinky je v tomto případě měně odolný než oválny. Za cenu obtížnější konstrukce je hlediska ztrát nejvhodnější řešení podle obr. 49. Ante-



Obr. 48. Napájení jednotlivých antén čtyřčlenné soustavy souměrným vedením. Výhodné je v tomto případě vedení laděné

ny spojujeme perforovanou dvoulinkou VFSP 510 nebo vzdušným vedením o impedanci $300\ \Omega$ nejkratším způsobem.

Pro 300, popř. 150 Q je poměr průměrů vodíků k jejich osové rozetě při vzdutí věm dielektriku 1,8, popř. 1,2. Mechanickou realizaci souměrných vzdutího napájecího usnadňuje použití laděného napájení, o kterém bylo podrobne referováno v předešlovi kapitole. Elektrická délka laděného vedení se vzdutího vyměrem dielektrikem se teoretičky shoduje s délkou fyzičkální, v praxi však počítáme se zkrácením 3 až 5 % ($k = 0,95 \text{ až } 0,97$), kterým se kompenzuje parazitní kapacitý, vyskytující se zvláště na koncích vedení, v místě připojení antény či ostatních napájecích. Zkrácení záleží značně navzájemním provedením; zejména pokud jde o nejvyšší přiměřenou kmitočtu.

Na distanční rozprávky napájecí používáme co nejvíce izolační materiály. Pro dokonálnou symetrii vedení 150 °K s spojovacím napájecím bodu („zesilovačem“) podle obr. 4 je třeba, aby spojnice spojovacích bodů obou napájecích (300 a 300 °K) byla orientována kolmo ke směru, kterým pak vedení napájecí 150 °K. Proto musíme rovinu napájecí 300 °K do tohoto směru z obou konců u anténního plynulého snáru. Pak bude obtížné zařučit shodné délky obou vodičů ušeků 150 °K.

Kdo se chce vyhnout obtížnejší realizaci neladěného vzdáleného vedení 150 Ω, může použít vedení laděné s větší impedancí. Jinak je možné realizovat vedení 150 Ω také pomocí dvou „paralelních“ stejně dlouhých kusů sousošeho kabelu 75 Ω, jejichž stříni na koncích propojíme a vnitřní vodíče připojíme jako konce napájecí symetrického. V tomto případě ovšem musíme opět počítat s útlumem všech hliníkových „veškeráků“.

Existuje pochopitelně celá řada dalších variant napájení jednotlivých antén anténních soustav. Věříme, že si s nimi

zájemci porad sami po prostudování uvedených informací.

Závěrem si opět stručně shrneme uvedené poznatky a pokyny. Napájení jednotlivých antén soustavy souosým kabelem sice redukuje maximální přírůstek zisku, je však bezporučová a nezávislá na klimatických vlivech. Napájení symetrickým napájecím může mít menší zisk, protože napájecí zisk je však méně odolně vůči vnitřním vlivům a jeho řešení je konstrukčně obtížnější, utlum vzdutného vedení bývá nepatrny.

Napájení souosým kabelem proto užíváme tehdy, řešíme-li otázkou nerušeného příjmu, napájení dvoulinkou s co nejkratšími úsekými při pořadovku na maximální zisk soustavy v V , pásma, v němž je útlum běžných napájecích $jíz$ značný.

Homogenitní elektromagnetické pole je v místě příjmu je druhým opomíjeným hlediskem při praktickém používání anténních soustav a rozdírných antén vůbec. Pokud není zaručeno, že v prostoru zaujímaném anténní soustavou je homogenitní pole dostatečně, neziskáme předpokládaný energetický přírůstek, který by jinak dobrovýznamnou a konstrukčně vyřešenou anténní soustavu měla zaručit. Aby celá soustava měla maximální zisk, musí přijímané elektromagnetické vlnění dopadat na každou jednotlivou anténnou soustavu se stejnou fazou a amplitudou. Nároky na homogenitu elektromagnetického pole vypívají např. z mezinárodních doporučení IEC i našich ČSN o podmínkách měření antén na VKV a UKV, kde se v kapitole o podmínkách měření směrových vlastností antén na měřicím pracovišti (měřenou při měření zisku) stanoví maximálně 0,5 dB pro kolíšení napájet na zkušebním dipólu, kterým se před měřením prohodí prostor zaujímaný měřenou anténnou. Pokud je tato podmínka splněna, lze na takovém místě měřit zisk s přesností 0,5 až 1 dB. Pokud tato podmínka splněna není, jsou měření zářízena většinou chybami. Proto i v našem případě je pro využití energetického příjmu rozdílné anténní soustavy žádoucí dostatečnou homogenitou elektromagnetického pole. Pokud tomu tak není, pak se přírůstek zisku řazený antén v praxi zmenší a i správně navržená a provedená anténní soustava se může jevit jako horší, než anténa jediná.

Homogenita pole bývá ovlivňována jmenem nejbližším okolím, t. výškou antény nad členitou stěchou, vzdálenostmi nejbližších staveb, vodou, stozáru, ale i jinými, často nevysvětlitelnými vlivy. Proti platí zásada – čím rozdělenější anténa, tím výši by měla být umístěna.

K uvedeným vlivům je třeba přihlédnout při laickém hodnocení, nebo lepě, při praktickém porovnávání různých typů antén v určitém místě. **Vlivem místních podmínek** se může objektivně lepší anténa jevit jako horší než anténa s menším ziskem. Ze stejných důvodů může být v určitém místě značný rozdíl mezi dvěma typy antén se shodným ziskem (např. plošná anténa, soufázová a anténa Yagihó).

Homogenita pole (a její charakter) je většinou kmitočtově závislá, někdy i tak výrazně, že působí značné rozdíly v příjmu obrazového a zvukového signálu téhož kanálu anténu, která má v rozsahu přijímaného kanálu v praxi konstantní zisk. Změny v homogenitě pole mohou mít i sezónní charakter (rozdíly v olistení stro-

mů, změny porostů) a jsou závislé i na počasí (sněhová pokryvka, vodní plochy na zemi, na různých střechách apod.). Problematickou homogenitou nelze ovšem zaměňovat s kolíšním signálem změnou podmínek, kterou vlivem počasí. Uvedené vlivy se projevují jak u slabých, tak u silných signálů. Pro názornější představu uvádíme v následující kapitole méně obvyklou formou výklad pojmu homogenita, formou výklad pojmu homogenita.

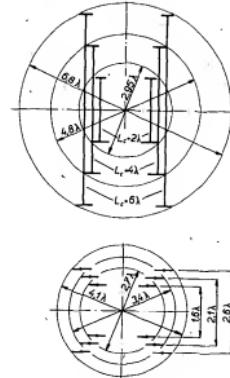
O homogenitě prostředí trochu jinak

Pro názornější představu o vlivu často zmíňované homogenity elektromagnetického pole v místě příjmu na účinnost přenosu energie si pomůžeme příkladem z jiné oblasti. Lopatkové vodní kolo je primitivní a jednoduché zařízení na „příjem“ kinetické energie vodního toku. Generátor, elektrickým proudem připojený hřídeli, je mění na energii elektrickou. Získaný elektrický výkon je závislý na kvalitě a parametrech technického zařízení a na mohutnosti vodního toku. Její je závislost lopatkového kola (v našem případě antény) rozhodující pro množství získané energie. Cílem výrobce je učinná plocha lopatek, popř. čím více lopatek „zabírá“ do vodního toku, tím více energie lze „přijmat“. Teoreticky by mohla n -členná soustava lopatkových kol, upěvňených na spojovém hřidle (soufázové napájená anténní soustava) zvětšit výráběný výkon n -krát. Ovšem z předpokladu, že hustota a rychlosť vodního toku v celém profilu zasahovaném lopatkami stejná. Ohrožuje to fakt ize, ale rychlosť se může z různých důvodů značně měnit. Za určitých podmínek vznikají v každém řešení zpětné proudy. V tom případě se na energetickém přenosu nepodílí všechna kola stejně. Některá dokonce pracují proti sobě, jak je patrné z obr. 49a. Výsledný efekt pak neodpovídá teoretickým předpokladům, pokud s tímto jevem nepočítá, a neodpovídá tedy ani nákladům vynaloženým na takovou soustavu. Jistá analogie s homogenitou toku elektromagnetické energie v místě zaujímaném n -člennou anténní soustavou je tedy zjevná, i když si totto přiváření nečiní nárok na přesnost. Aby se investice do soustavy lopatkových kol využila, je třeba prověřit vlastnosti vod-

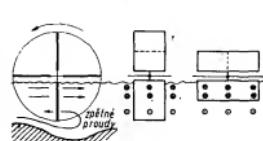
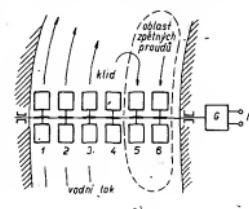
ního toku v místě „příjmu“, a pak případně zvolit místo jiné, nebo soustavu přizpůsobit místním podmínkám. Toto platí i v případě anténní soustavy. Jedno kolo (jedna anténa) může být v daných podmínkách i výhodnější, než nákladná soustava kol (antény).

Avšak i u jednoduché antény je třeba s vlastnostmi prostředí počítat. Analogie s homogenitou vodního toku pomůže v tomto případě zde (obr. 49b). Zasahuje-li totiž lopatky jedného použitého kola např. do oblasti zpětných spodních proudů, získává se menší výkon, než při užití lopatek o stejně ploše, ale s jinou kombinací plošných rozměrů. Analogicky – dvě antény se stejným ziskem, avšak tvarově odlišně mohou v daném místě vykovávat rozdílné účinky, např. plošná anténa soufázová a dlouhá Yagihó anténa.

K jistému zhozenocení efektivnosti různých anténních soustav přispívá obr. 50, na němž je v poměrném měřítku schéma-



Obr. 50. Nároky na prostor, zabíraný třemi různými soustavami



Obr. 49. Přenos energie ovlivňuje homogenitu vodního toku

ticky znázorněno uspořádání tří anténních soustav, seřazených podle jejich antén. O délce 2λ , 4λ a 6λ . Předpokládáme-li maximální zisk antén podle křivky na obr. 9, tj. 12 dB, 14 dB a 15 dB, a maximální teoretický přírůstek 6 dB pro čtyřnásobnou soustavu, pak teoretické rozdíly v zisku soustav zůstávají stejné jako vzhledem k rozdílům v ziscích jednotlivých antén a jsou tedy 2 dB, 3 dB a 1 dB. Útlum napájecích jednotlivých antén však skutečně rozdíl zmenší, jak je vidět z údajů v tab. 6.

Tab. 6.

l_c	G_0	$\frac{G_c - G_0}{2}$	G_{max}	Útlum napájecí	G_{max}	$\frac{d_c}{\lambda}$	$\frac{d_c}{\lambda}$
2λ	12	1.6 i	18	1.2 dB	16.8	2.95	2.7
4λ	14	2.1 i	20	2.0 dB	18.0	4.48	3.4
6λ	15	2.6 i	21	2.5 dB	18.5	6.68	4.1

Údaje platí pro délky napájecích typu VFKV 630 potřebné na 750 MHz. Jde tedy o napájení souosým kabelem. Jak je vidět, větší útlum delších napájecích v delších antén redukuje přírůstek zisku, takže výsledné rozdíly v ziscích soustav jsou jen 1.2 dB, 1.7 dB a 0.5 dB.

Je účelné vztít v úvahu ještě jedno hledisko. Účinnost prostorových anténní soustav zahrnuje řadu vlivů a závisí i na efektivitě využití zábiraného prostoru s ohledem na homogenitu elektromagnetického pole. **Výhodné jsou antény - soustavy s nepřeváděcím rozměrem v jediném směru**, proto: antény zábirající daný prostor ve všech směrech. Z tohoto hlediska se jeví velmi dlouhé antény jako nevhodné. Poměr průměru kružnic d_1/d_2 o daných uvedených soustavách ve vertikální a horizontální rovině (viz obr. 50b a 50a) by se měl blížit jednotce („tak, aby se soustava dala uzařít do koule“).

Takže ne každá rozměrná anténní soustava spiná náležejí v ní kladené, proto je při každém návrhu žádoucí uvažit všechny vlivy.

Yagiho antény se skupinovými direktoři

Anténa s několika řadami direktořů, buzených jediným zářičem, je patrně nejúspěšnější modifikací Yagiho antény. Původně vznikla ve vývojových laboratořích firmy Fuba; bylo to počátkem sedesátých let. Nápadu se chopili a renomovaní výrobci TV antén jaké Stolle, Bosch, Kathrein, Hirschmann a další, a v různých variantách nabízejí tuto modifikaci i v současné době (obr. 51a až g). V principu je

Obr. 51a až g jsou na 2. straně obálky

o zjednodušenou anténní soustavu, složenou z několika direktořových řad, buzených jediným, zpravidla celovlnným zářičem. Jak víme, narážíme při realizaci běžných antennních soustav, o nichž jsme hovořili v předchozí kapitole, na problém spojené s napájením jednotlivých dílčích antén, jejich impedanci, s montáží i konstrukcí. Tyto a další potíže vedly k vývoji antén se skupinovými direktoři. S ohledem na délku první a vzhledem vzdálosti direktořových řad, lze tento typ prakticky realizovat jen u antén pro IV. a V. pásmo, kdy je konstrukčně možné seskupit direktořové řady kolem jediného ráhna. Vzhledem vzdálosti řad jsou ovšem poměrně malé, takže nejde dosáhnout zisku, který by měly klasické soustavy o stejném počtu optimálně uspořádaných dílčích antén. Vezmeme-li však v úvahu všechny vlivy redukující zisk běžných antennních soustav, jak o nich bylo referováno v předchozí kapitole (ztráty v napájených, nehomogenitě elektromagnetického pole, počet napájených zářičů) a v nejdřívnější řadě i hlediska komerční, pak rozhodně nelze antény se skupinovými direktoři považovat jen za produkt konkurenčního boje mezi řadou firem (i když jeho vliv neohybně soplusobí), ale za zdařilý kompromis mezi klasickou antennní soustavou a její zjednodušenou variantou určenou pro běžné spotřebitele. Veličinu výkonu je především konstrukční řešení, při němž se výrobci předhánějí v nápaditě řešení celé konstrukce i malých detailů. Samozřejmostí je snadné a uplně sešestavování celé antény bez použití nástrojů, i k ztěžených podmínek na střeše. Překvapující je velmi malá hmotnost, která ani u největších antén s udávaným ziskem 16 až 18 dB nepřesahuje 4,5 kg i s upravovacím trmenem.

Pouzůjme-li elektrické vlastnosti této antény, pak se maximální zisk (asi 16 až 17 dB) může zdát malý v porovnání

Tab. 7. Zahraniční širokopásmové antény se skupinovými direktoři pro IV. a V. pásmo

Firma	Typ	Rozsah	Θ_E	Θ_H	CZP [dB]	Zisk [dB]
Kathrein	Olympia 180 AOT 65	K21 až K65	37°-18°	39°-19°	23-32	12-18
Hirschmann	Fesa 418 UN60	K21 až K60	39°-18°	47°-22°	24-32	12-18
Fuba	XC 391 D	K21 až K60	44°-21°	46°-21°	28-31	16
Bosch	/ Ultra-8 S 83 B	K21 až K68	44°-21°	48°-20°	30	10-17,5
Kompass	KC 91	K21 až K60	22°	22°	30	12-17
Stolle	HC 91 CD	K21 až K60	35°-19°	35°-19°		11,5-18

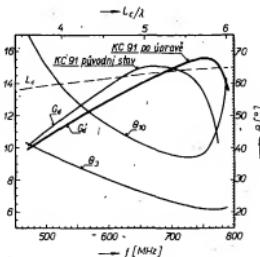
s maximálním ziskem dlouhé Yagiho antény (např. 28Y 7,3-15,2 dB). Zisk však být větší nemůže, protože konstrukčně není možné zvětšit vzdálenost direktořových řad seskupených kolem jediného ráhna tak, aby odpovídala déle jednotlivých antén soustavy podle křivek na obr. 45, 9 a 10 při současném požadavku na co nejnedostupnější konstrukci antény. Pokud by se podařilo vyřešit tento problém, stalo by se patrně zase problematickým buzení vzdálených direktořových řad jediným zářičem. Velkost zisku však musíme hodnotit s přihlédnutím k celkové délce antény. Pro jednoduchou Yagiho anténu je 15,5 dB maximum při $L_c = 5$ až 8λ (viz závislost na obr. 9). Anténa se skupinovými direktoři o stejném zisku může být křatá a tudíž menší nároky na homogenitu pole. Zvláště příznivý je poměr G_{p1}/L_c u krátkých antén, u nichž se vzhledem vzdálenosti direktořových řad vše blíží vzdálenosti optimální. Zkrácení antény zjednoduší jejich montáž, místo v téžší je možné upnout na reflektoru. Je to výhodné při dodatečné montáži na stůžku, kdy není nutné potákat výložnou ramenou.

V tab. 7 jsou shrnovány podstatné údaje několika antén z tohoto druhu, jak jsme je převzali z firemních katalogů. Pro srovnání jsou uvedeny jen antény s maximálním ziskem, určené pro celé pásmo UKV. Téměř každá firma nabízí stejný antény i na nižší části pásmu UKV se stejným ziskem. Ty jsou pochopitelně delší. Při měření se ukázalo, že deklarovávých 18 dB zisku je třeba brát s rezervou. Konkurenční boj mezi firmami nutně vede k zámernému zvělčování zisku popř. ke shodným údajům u větších antén.

Nejvíce se výše uvedeným údajem přiblížují zisky antén firmy Hirschmann typ FESA 418 UN 60 a jejich varianty (viz obr. 51a, b, c). Jako jediné pracují se čtyřmi samostatnými direktořovými řadami a s poměrně příznivou vzdáleností ve všech rovinách. K učinněmu využití všech direktořových řad je potřeba několik závládních vahených direktoří v blízkosti zářiče. Zbývá dodat, že u nás se vyrábí a prodává širokopásmová anténa tzv. „X-Color“. Jde o výrobek podniku Kovoplast Chlumec n. C., typ KC91 - BL, odvozený z původní antény firmy Fuba. Tato anténa má optimální směrové vlastnosti kolem 660 MHz. Na výšším kmitočtu se jí zisk zmenšuje (viz obr. 52). Anténa v této verzi totiž pochází z doby, kdy poslední kanály

- Vytvářet kádrovou a věcné podmínky pro urychlenou aplikaci elektroniky a mikroelektroniky ve všech odvětvích národního hospodářství.

Ve fyzikálních vědách prohlušovat základní poznatky a využívat jich pro řešení materiálových, technologických i součástkových problémů v oblasti elektroniky, využití techniky a strojírenství, a při efektivnější získávání, přeměnu a využívání energie.



Obr. 52. Směrové vlastnosti antény KC91-BL („X-Color“ - Kovoplast) v původním stavu (G_{p1}) a po upravě direktořů (G_{p2} , Θ_E , Θ_H - délka lítiny příjmu v obou rovinách)

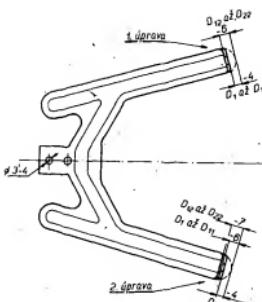
V. pásmu nebyly obsazeny a anténa se vyráběla v jediném provedení pro IV. a V. pásmo. (V současné době vyrábí Fuba pro celé pásmo UKV ty antény čtyři, kromě širokopásmového provedení XC 391-D. Její konstrukční provedení je velmi zdařilé a originální. Pozoruhodná je mimořádně nízká hmotnost 3,6 kg.)

Úprava antény KC91-BL (X-Color) na celé IV. a V. pásmo

Zisk této antény na obr. 52 se výrazně zmenší na nejvyšších kmitočtech V. pásmu. Je to způsobeno především rychlým zvětšováním postranních laloků, zjednána v rovině H, která na 750 MHz dosahuje úrovně jen 12 dB. Proto je často obtížné najít v této rovině výrazně maximum při příjmu na posledních kanálech V. pásmu. Příčinou je značná délka direktoří v této části pásmu, i když pojmen „délka“ u použitého tvaru pasivního prvku není dost výstižný. Jde v podstatě o dvojici direktoří spojených v místě shodné impedance. Zkrácení výnějšich konců této dvojice je možné ovlivnit jejich elektrickou délku tak, aby se optimální směrové vlastnosti antény posunuly dále k vyšším kmitočtám.

Na obr. 53 jsou naznačeny 2 varianty úprav:

1. varianta: direktoři D_1 až D_4 , zkrácené o 4 mm; tj. odstíňené jen větší oblouk až k hraně prolišu;
2. varianta: direktoři D_2 až D_5 , zkrácené o 6 mm, tj. odstíňené téměř celý obloùek vnitřního prolišu;



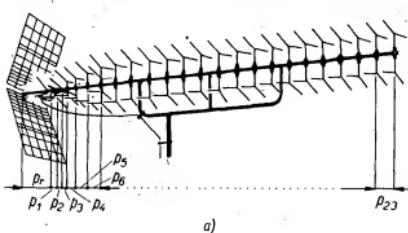
Obr. 53. Doporučená úprava direktorů antény KC91-BL

2. varianta: direktory D₁ až D₅ zkráťme o 4 mm (jako i 1. varianta), direktory D₆ až D₁₁ zkráťme o 6 mm, direktory D₁₂ až D₂₂ zkráťme o 7 mm.

Na obr. 52 je vyznačen průběh zisku po úpravě délky podél druhé varianty. V porovnání s původním stavem se výrazně zvětší zisk, až o 5 dB, projevuje zejména na úplném konci V. pásmu. Na 750 MHz se zisk zvětší o 1,4 dB. Téměř stejně zvětší zisk na 750 MHz úprava podle varianty 1, avšak na výšším kmitočtech se zisk zmenšuje, takže maximum zisku se neponosuje až na konec V. pásmu. Původní úprava končí skupinovými direktory umožňuje změnit velmi jednoduše rozmezí podle varianty 1, bez použití měřítka - i přímo na střeše.

Dále popří různé dříve upravených direktoriů působí větší potažení postřanných laloků (ve shodě s poznatky dříve uvedenými) než v původní úpravě, když byly všechny direktory stejně dložou. Popisáná úprava (II. varianta) je na 750 MHz, popr. na 790 MHz téměř ekvivalentní dvoučlení, popr. ctyřčleně sestaveno, složené z původních antén. Na začátku pásmu se zisk nezmenší o více než 0,5 dB díky plízkému působení uhlíkového reflektoru, který leží u antény. Anténám zmínit zmenšení zisku na nižších kmotřících, t.j. v oblasti, v níž direktory přestávají působit.

Obr. 54 je na 3. straně ohálky.



26

V porovnání s jinými anténnami tohoto druhu lze považovat původní i posunutou elektrické vlastnosti antény KC91-BL za přiznivé, $CSV = 1,6$ ve celém pásmu. Méně spekujeností je s konstrukčním řešením, které za celá léto nedoznala změn. K se stavění celé antény je třeba mnoho přípravností a různí i mnoho mechanických uprav. Zvláštní pozornost je žádoucí věnovat rozmerové symetrii (rovnoběžnosti) skupinových direktorů. Konstrukční návody antény je šířka prův. ktere kladou značný odpor větrů, takže se čásem uvořují a odpadávají. Doporučuje se pojistit upevnění prův. na izolační prichytce šroubem M3 až M4 v místě, naznačeném na obr. 53.

Zbývá dodat, že jde o jedinou anténu tohoto druhu, která se u nás vyrábí.

Širokopásmovou anténu po celé pásmo UKV je ovšem i soufázová soustava čtyř celovlnných dipólů (typ TVA – vyrobek Kovopodniku Píseč), tzv. „matrace“, nebo „sít“, která je co do elektrických vlastností s anténenou KC91-BL srovnatelná. V původní úpravě mají obě antény na začátku i konci pánska UKV skoro stejný zisk, uprostřed pánska UKV, kolem 660 MHz, je KC91-BL podstatně lepší (obr. 55). Ma ovšem i větší nároky na homogenitu elektromagnetického pole

totiž přispívají ke zvětšení zisku větší vzdálenosti ve svislém směru (rozměr S_4). Proto uvádime její nejdůležitější rozměrové údaje, postačující zkušenějším experimentatérům k realizaci.

Základní rozměry jsou zřejmě z obr. 56. Rozteče prvků na ráhnu jsou:

Ročtece průkru na rameni jsou:
 μ (měřeno od vrcholu úhlového reflektoru, jehož ramena svírají úhel asi 140°) = 200, $\rho_1 = 45$, $\rho_2 = 20$, $\rho_3 = 50$, $\rho_4 = 56$, $\rho_5 = 50$, $\rho_6 = 65$, $\rho_7 = 75$, $\rho_8 = 90$, $\rho_9 = 100$, $\rho_{10} = 110$, $\rho_{11} = 120$, $\rho_{12-14} = 130$, $\rho_{15-22} = 140$, $\rho_{23} = 130$.

Úhlový reflektor zpravidla podstatným způsobem ovlivní váhu antény. Proto se snažíme o jednoduché řešení. Jeho rozměry nejsou kritické. Rozumné odchylky od původních rozměrů nemohou ovlivnit funkci a parametry antény.

Vlastní zaříčí je celovlnný dipól, tvarovaný jako širokopásmový. Jeho obě poloviny jsou sice galvanicky, přes vln tlumivky, spojeny navzájem a současně s kovovým

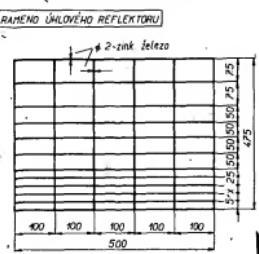
spojení, které je významnější než výškový nosný ráhmen, ale z hlediska výšky jsou od nosné konstrukce antény a tedy i země izolovány. Galvanické spojení tlumivkami lze přerušit, aníž se tím ovlivní vlastnosti antény. V tlumivku mali 18 závitů lakovaného drátu o $\varnothing 0.4$ mm, na vnitřních na $\varnothing 4$ mm. Jsou samonosné, zavít telesně vedle závitu. Jsou navrženy tak, aby využely v celém UKV pásmu. Pokud by anténa měla pracovat jen na vyšších kmitočtech, je možné úměrně zmenšit počet závitů. V principu je vlastně o čtvrtvlnné oddělovací členy. V tlumivky přispívají k ochraně vstupních obvodů výzdvihovým před účinky atmosférické elektřiny při použití celovenkovní zářičí. U skládaných dipoliů $1/2$ se nepoužívají, protože ty jsou uprostřed galvanické spojeny s nosnou konstrukcí antény a tedy i země uměrnou. Jak patrné z obr. 56, jsou napájené konce závitů upnuty

Kompenzační direktor D_1 je upevněn přímo na ráhno. Má největší vliv na impenzanční průběh; je proto žádoucí dodržet přesně jeho rozměr a umístění na ráhnu.

Obr. 55. Porovnání zisků několika přijímacích TV antén (TVa - soufázová soustava se čtyřmi celovlnnými dipóly, tzv. matrice nebo sítu, 28Y 7,3 - dlouhá Yagiho anténa H z tab. 2)

Širokopásmová anténa pro IV.
a V. pásmo - FESA 418UN60
(Hirschmann)

Anténa je představitelem typu, který měl při kontrolním měření nejlepší směrové vlastnosti v porovnání s jinými anténami testovanými. Slouží k určení výšky



Odchylka od pristne vodorovne orientace prvků u originální antény byla volena z dívodu konstrukčních a vzhledových.

Pro zachování původních elektrických parametrů je žadoucí dodržet přesně jen některé rozměry. Podle důležitosti následují asi v tomto pořadí: především L_{01} , L_{02} a délky ostatních direktorů, jejich rozteče p_1 až p_2 a t . Dále pak rozměry záříce a ostatní rozměry ve skupinových direktorech, p_1 a rozměry reflektoru.

Pokročilejší experimentateli se mohou pokusit mírně zvětšit zisk antény přiměřený a plynulým zvětšením vysílání v vodorovných roztečích u skupinových direktorů. Při amatérské realizaci většinou odpadá požadavek na „skladatelnost“ antény, naprosto nutný u komerčního výrobku pro běžné spotřebitele, který zvětšování rozteče limituje.

Anténa má optimální smrkové vlastnosti v pásmu kolem $f_0 = 750$ MHz. Pokud by měla být optimalizována pro jiný (nižší) kmitočet f , je třeba její nejdůležitější rozměry změnit (zvětšit) v poměru $750/f$. Elektrické parametry uadané výrobem jsou v tab. 8. Průběh zisku, jak byl změněn na našem pracovišti, je na obr. 55.

Mezi údaje výrobce a našim měřením je sice rozdíl asi 1 dB, nicméně pokud se tyto zisku, *jde zatím o nejlepší komerční anténu typu Yagi se skupinovými direktory*. Maximální zisk jednoduché, stejně dlouhé Yagiho antény je až o 2 dB menší podle našeho měření a o 3 dB menší podle údajů výrobce. Z tab. 9 odvozené z údajů výrobce vyplyvá, že sekupením čtyř direktorových řad, buzených jediným záříčím, se u antén typu FESA zvětší maximální zisk v průměru o až 2,5 dB proti jednoduché Yagiho anténě téže délky. Je tedy zhruba ekvivalentní klasické soustavě tvořené dvojicí optimálně uspořádaných jednoduchých anten.

Pro úplnost je třeba dodat, že uvedený typ byl ve výrobě až do roku 1979, kdy byl především z důvodu prodejních nařazení kompaktnějším provedením podle obr. 51g s údajně stejnými elektrickými parametry.

Anténní soustava pro K28

Jako příklad praktické aplikace uvedených poznatků u Yagiho anténách a sou-

Tab. 8.

Kanál	21/22	23/27	28/31	32/36	37/41	42/45	46/50	51/59	60
Zisk [dB]	11	12	13	14	15	16	17	18	17
ČZP [dB]	24	28	32	32	30	31	27	28	25
Θ_{01}	39°	36°	33°	30°	26°	23°	22°	20°	18°
Θ_{02}	47°	42°	38°	34°	30°	26°	25°	23°	22°
Délka [m]							2,665		
El. délka							4,17 _{max}	až 7 _{min}	

Tab. 9.

Typ	L_0/λ_{min}	G_0 [dB]	$\frac{G_{max}}{G_0/\lambda_{min}}$	G_{max} [dB] též délky	Přírůstek G_0 [dB]
413 UN 60	1,4	8,5 až 13	9,3	10,8	2,2
415 UN 60	2,4	9 až 15	6,2	12,5	2,5
417 UN 60	3,9	10 až 17	4,3	14,0	3,0
418 UN 60	7,0	11 až 18	2,7	15,2	2,8

stavách z nich sestavených je stručně popsána dvojčlenná anténní soustava, určená pro příjem na K28, ale vyhovující i na některých kmitočtech. Zaměřen bylo na navrhnutou a realizovanou optimalizaci pro experimentální příjem poměrně slabého signálu na K28, rušeného místním vysíláním na poměrně blízkém kanálu K26. Rozdíl mezi azimutem obou vysílačů byl v mistře příjmu 15°. Z grafu na obr. 44, popř. 46 je možno zjistit, že v tomto směru ($\pm 15^\circ$) má minima každá dvojčlenná soustava, ježž základní antény jsou od sebe vzdáleny 2λ (rozměr S_2). Vzhledem k tomu, že se současně jedná o příjem poměrně slabého signálu, je žadoucí, aby pro zvolenou základní anténu soustavy byla vzdálenost 2λ i optimální vzdálenost z hlediska maximálního zisku celé soustavy. Podle grafu na obr. 45 vyhovuje tomuto požadavku ($S_2 = 2\lambda$) Yagiho anténa s úhlem příjmu asi 30° (Θ_0). Jde o anténu o délce $L_0 = 3,5$ až 4,5 λ – viz obr. 11. Z rozdílové tabulky (tab. 2) byla vybrána anténa G, typ 17Y 4,1-0,96. Rozměry pro G_{max} na $f = 532$ MHz ($\lambda = 564$ mm – viz tab. 13) získáme výnásobením této vlnové délky údajů z tab. 2 pro každý rozměrový parametr (tab. 10).

Tab. 10. Vypočtené rozměry (v mm) anténní soustavy pro K28

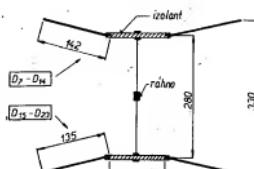
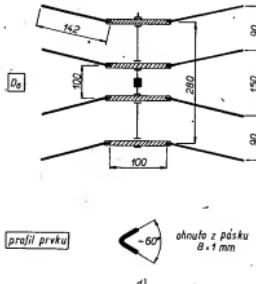
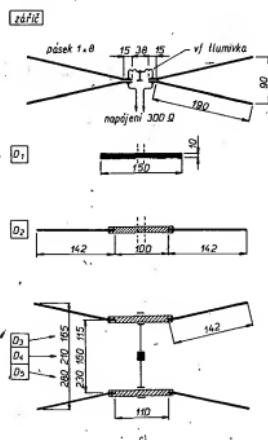
$L_0 = 299$	$L_0e = 228$	$\mu = 100$
$L_0 = 294$	$L_0e = 226$	$\mu = 36$
$L_0 = 260$	$L_0e = 226$	$\mu = 143$
$L_0 = 244$	$L_0e = 226$	$\mu = 172$
$L_0 = 244$	$L_{012} = 226^\circ$	$\mu_1 a_1 \mu_4 = 172$
$L_0 = 241$	$L_{013} = 226$	$h = 152$
$L_0 = 234$	$L_{014} = 223$	$t = 6$
$L_0 = 230$		$T = 16$
		$m = 28$

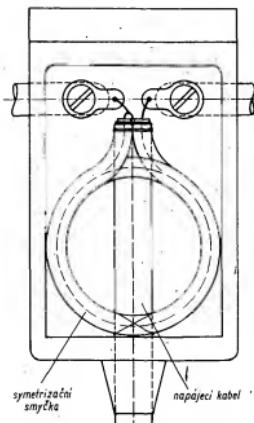
$S_2 = 1165$ (tato vzdálenost, 2λ , musí být nastavena pro rušivý signál na $f = 515$ MHz, kmitočet obrazu na K26)

Obr. 57 je na 3. straně obálky

kovovými příchytkami. Je samozřejmě možné použít i jiné, jednodušší řešení, např. větrníků přímo přímo do ráhna o $\varnothing = 16$ až 18 mm. Pro lepší stabilitu soustavy jsou konce obou ráhén za reflektory spojeny tenkostěnnou laminátovou trubkou. Při robustnější nosné konstrukci to však není nutné.

Antény jsou napájeny souosým kabelem (VFKV 630). Proto je uvnitř každého krytu stojená symetrická smyčka $1/2$ z miniaturního souosého kabelu (VFKT 50-1,5). Délka smyčky je pro kabel s plným polyetylénovým nebo teflonovým dielektrikem ($\varepsilon = 2,3$) 182 mm. Provedení je naznačeno na obr. 58. Není samozřejmě nutné, aby celá smyčka byla uschována uvnitř krytu; stačí chránit jen místo připojení ke svorkám antény. Použit jiný typ





Obr. 58. Uspořádání přívodů a symetrické smyčky uvnitř ochranného krytu (ve skutečné velikosti)

symetrickáho a transformačního obvodu; např. známý elevátor na télešku z organického skla je zbytečné, protože jde o příjem v úzkém pásmu. Symetrická smyčka má mimoto jen velmi nepříjemný útum.

Všecké mechanické a elektrické spoje jsou chráněny vrvstvou vosku RESISTIN. Naměřené elektrické parametry na $f = 530$ MHz:

$G_t = 16$ dB, $\dot{C}ZP = 20$ dB, $\dot{C}SV = 1,2$, $\Theta_E = 13^\circ$, $\Theta_{EH} = 25^\circ$, $\dot{C}PL_E = 11,5$ dB, $\Theta_B = 30^\circ$, $\Theta_{OH} = 47,5^\circ$, $\dot{C}PL_H = 13,0$ dB, $\dot{C}SV = 1,2$, plat pro jednu anténu na 75Ω . Výstupní impedance soustavy v místě spojení napájecích obou dílčích antén je $37,5 \Omega$. Na též impedance je nastaven i vstupní filtr zesilováče [34], připojený v místě spojení obou antén. Pokud se z místa spojení obou antén pokračuje souosým kabelem 75Ω ihned dle k přijímači (bez zesilováče), dochází k jistému nepřizpůsobení ($\dot{C}SV = 2$). To lze odstranit transformátorem $1/4$ ze souosého kabelu o impedanci 50Ω . Proto je vhodnější věst signál dalej k přijímači již jen kabelem 50Ω bez transformace. $\dot{C}SV$ na tomto kabelu pak nepřesahne 1,6.

Směrování anténní soustavy určené pro polaření nezádaného signálu na přijímaném kmitočtu je třeba věnovat větší pozornost. Polohu a natočení antény optimalizujeme především na příjem žádaného signálu, kdy se snažíme dosáhnout příjmu s nejmenším rušením. V daném případě této poloze odpovídá v maximální signál žádané stanice. Pokud se dosáhne pro predpokládaného výsledku a anténa je jinak v pořadku, byvá zpravidla příčinou víceměrové šíření místního vysílače vlivem odražů od výškých budov a jiných překážek. Předpokládaný tvar směrového diagramu, zvláště pokud jde o úroveň minim, může nepravidelný ovlivnit i nedostatečnou výšku nad zemí nebo rozměrná plochá stěcha.

Pokud by měl být při příjmu daného vysílače vůčim hlediskem maximální zisk, bylo by lepě uspořádat tyto antény nad sebou, přibližně ve stejné vzdálenosti.

tj. $S_t = 2\lambda$ na přijímaném kmitočtu. Umožnilo by to použití lažné spojovací vzdálenosti a bezztrátové vedení o libovolné impedanci a délce $2 \times 1\lambda$. Pro sořafouvé napájení obou antén by nebylo nutné vedení křížit (viz obr. 38a). Pro přechod z výstupní impedance 150Ω na impedanci 75Ω bylo možno použít transformátor $1/4$ o impedanci 100Ω , vytvořený např. souměrným stříháním vedením, se staveným ze dvou úseků souosého kabelu o impedanci 50Ω (VFKP 261).

Anténní soustavy z antén KC91-BL (X-COLOR) a TVa („matrace“)

Víme, že základní zisk anténních soustav je podmíněn řadou činitelů, jimiž jsme se na předchozích stránkách podrobne zabývali. Anténní soustavy určené pro dálkový příjem, tedy s maximálním ziskem, jsou většinou sestaveny z úskopásmových antén, protože jde zpravidla o příjem v jediném kanálu. Toto řešení využívá i pro příjem několika stanic, pokud leží „v rozsahu“, používá základní anténní soustavy. Jde-li o dálkový příjem několika stanic kmitočtu, navázavém poměrem vzdálených, je lepší překrýt žádaný rozsah kmitočtu samostatnými soustavami.

Jistým výhodou je však i širokopásmová anténní soustava sestavená ze širokopásmových antén. Prakticky se k tomuto účelu využívá dvou prodávaných typů. Je to jedenak již zmíněná a upravená KC91-BL a nazvaná „matrace“ nebo „sítě“ - TVa, výrobek plzeňského družstva KOVOPODNIK. Realizace anténních soustav z uvedených typů se opět řídí již zmíněnými zásadami.

Zajímá nás, jak je to s optimální vzdáleností jednotlivých antén soustavy v jejich celém pracovním pásmu, tj. v rozsahu kmitočtu 470 až 790 MHz, do jaké míry vyhovuje optimálně nastavená vzdálenost S_t , např. pro $f = 750$ MHz a na počátku pásmo. Tuto vzdálenost odvozujeme z většího úhlu příjmu (Θ_E nebo S_t/λ) a jejich odpovídající rozměr v mm.

Proto jsou v následujících tabulkách (tab. 11 a 12) pro každý z obou typů antény uvedeny tyto údaje: kmitočet f , změněný úhly příjmu Θ_E a Θ_H ; S_t/λ a jejich odpovídající rozměr v mm.

Tab. 11. Anténa KC91-BL, upravená podle popisu (varianta 2)

f [MHz]	Θ_E	S_t/λ	S_t [mm]	Θ_H	S_t/λ	S_t [mm]
470	40°	1,56	996	42°	1,5	958
500	38°5	2,1	1260	40°	1,56	934
600	30°	2,0	1000	31,5°	1,9	950
700	22°	2,66	1140	25°	2,33	1000
750	20,5°	2,9	1160	23°	2,56	1026
790	21°	2,76	1050	22°	2,66	1010

Tab. 12. Anténa TVa

f [MHz]	Θ_E	S_t/λ	S_t [mm]	Θ_H	S_t/λ	S_t [mm]
470	66°	1,0	640	35°	1,73	1100
500	59°	1,17	698	33°	1,83	1100
600	50°	1,3	650	31°	1,93	964
700	43°	1,5	643	27°	2,2	943
750	41°	1,53	612	25°	2,33	930
790	39°	1,6	608	22°	2,66	1010

Je vidět, že v obou případech jsou optimální vzdálenosti S_t a S_h výjedněny v mm, prakticky stejně pro všechny kmitočty pracovního pásmá antény.

Pro anténu KCL91-BL jsou průměrné vzdálenosti $S_t = 980$ mm ± 1 m a $S_h = 1100$ mm $= 1,1$ m. V praxi mohou být obě vzdálenosti shodné. Údaje uvedené v tabulce platí pro antény upravené podle varianty 2 (viz str. 26). V uvedených vzdálenostech je možné řadit i antény v původním stavu. Při řazení nad sebou se půdstatně zlepší původní tvar směrového diagramu ve vertikální rovině na nejvyšších kmitočtech. Pro lepší zisk na konci pásmá je však vhodné zkrátit direktory alespoň podle varianty 1 (str. 25).

Vlastní realizace soustavy je jednoduchá, protože jde o hotové antény. Při řazení vedle sebe se používají vložkových rámen. Při řazení nad sebou může neplňit tisuty stojan procházet řadou skupinových direktorů, anž se patrným způsobem změní zisk. Direktory jsou odděleny izolačními rozpěrkami, takže stojánek nepůsobí významnější deformací pole v prostoru direktorů.

Stabilitu soustavy, která představuje značnou „větrnou“ zátěž vlivem širokých direktorů, lze zlepšit výztuhou mezi vrcholy úhlových reflektorů. Napájení musí být širokopásmové, tj. neladěným napájení. Zvláštní pozornost je třeba věnovat upravenému a vedení napájecí (viz str. 23).

Pro anténu TVa jsou průměrné vzdálenosti $S_t = 1006$ mm a $S_h = 646$ mm. Protože rozměr plochového drátového reflektoru antény TVa je 600×1000 mm, můžeme skládat antény těsně k sobě (v libovolném počtu) při optimálním přizpůsobení v celém pásmu (viz obr. 59). Rozdíly S_t a S_h totiž udávají vzdálenost mezi středy jednotlivých antén soustavy. Jsou-li tyto rozměry shodné s rozdíly mezi antény, antény se dotkají. Při napájení je pochopitelně nutné respektovat impedanční hlediska.

Galvanické spojení reflektoru zlepší ještě poněkud CŽP, ostatní směrové vlastnosti však neovlivní. Mechanické spojení ovšem zlepší stabilitu soustavy při nepříznivých povětrnostních podmínkách.

Obr. 59 je na 3. straně obálky

Quagi-antény, Yagiho antény se smyčkovými prvky

Až dosud uvažované Yagiho antény byly sestaveny z přímých, poměrně tenkých prvků a délce až $\lambda/2$. Záříce a pasivní prvky krátkých a dlouhých Yagiho antény však mohou mit i jiný tvar.

Může to být např. jednoduchá drátová smyčka (loop), jejíž obvod měl i s jedním vlnovou délkou. Smyčka může mit pravidelný i nepravidelný tvar. Známá je zejména čtvercová smyčka orientovaná tak, že dvě její strany jsou se zemí rovnoběžné a dvě svislé. Tato čtvercová smyčka je postavena kolmo k zemi uhlípkou se nazývá diamond, smyčka trojúhelníková - delta (obr. 60). Uzavřená smyčka může působit jako prvek parazitní - pasivní; otevřená smyčka, tj. v jednom místě přerušená a tam napájená, působí jako prvek aktivní. (Aktivním prvkem je však i uzavřená smyčka napájená bočníkem.) Smyčky lze sestavovat v řadě podle stejných zásad, jako záříce přímo. V literatuře i praxi se setkáváme především s řadami podleňně využívacími, tzn. že jsou to rády ekvivalentní rádám Yagiho s jednou napájenou a několika parazitními smyčkami. Snadná konstrukce přispěla zvláště k rozšíření antén se smyčkami čtvercovými, jde tedy o tzv. antény quad. Pro jejich viceprvky

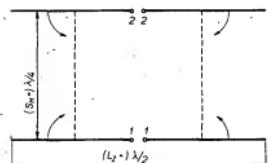


Obr. 60. Smyčkové záříče různých tvarů. Čtvercový (quad a diamond), trojúhelníkový (delta) a kruhový. Všechny smyčky jsou polarizovány horizontálně

vou variantu se v zahraničí vžíj název antény quagi.

Dvoj- až tříprvkové antény také nazývají své uplatnění zejména na amatérských pásmech KV. Souvisí to s tím, že smyčkovými antény byly dříve využívány některé profesionální vysílače KV (zvláště v horských oblastech). Při značných výškách totiž u této antény nedochází ke vzniku korony, na rozdíl od sršníček konců antén dipolových. Na KV je pak vitané 50% zkrácení samonosných prvků, které lze nahradit konstrukcí drátových smyček. Nyní se antény quad objevují na pásmech KV a UKV, a to i s větším počtem prvků. Rozporné informace o zářicích antén quad vásak vnáší do této problematiky četné nejasnosti. Proto se v dalším textu pokusíme přistupem způsobem objasnit to podstatné pro tyto antény, zvláště pak z hlediska často diskutovaného zisku.

Základem k pochopení činnosti antény quad, popř. smyčkové antény je vlastní smyčka a její vlastnosti. Uvažujeme dva dipoly $\lambda/2$ nad sebou ve volném prostoru, ve vzájemné vzdálenosti $\lambda/4$. Oba jsou uprostřed na vstupech 1 a 22 (viz obr. 61).



Obr. 61. Vznik celovlnné smyčky z dvojice soufázově napájených dipolů $\lambda/2$

buzeny stejným napětím o stejně fázi. V obou dipolech tedy potěcete stejně proudy a na jejich koncích bude stejně napětí o stejně fázi. Za této podmínky k sobě můžeme ohnout všechny čtyři konce dipolů v délce $\lambda/8$, takže vznikne čtverec o straně $\lambda/4$. Protože napětí na koncích dipolů jsou stejná (co do fáze i amplitudy), lze ohnuté konce nazávájet spojit, aníž se změní proudy ve čtverci. Proudů zůstává stejný i v případě, že jeden z vstupů zkrátíme (např. 22). Pak můžeme povážovat spodní dipol za proudem buzený (na svorkách 11) a horní dipol, uprostřed zkratovaný, za napětím buzený na jeho koncích. Shodné napětí ve spojenech bodech tak vede ke stejným proudům v napájení i nenapájené části smyčky. Aby zůstal stejný i napájecí proud do této „soustavy“, zvětší se asy dvakrát vstupní impedance na svorkách 11 při zkratovaných svorkách 22. Protože impedance smyček s obvodem asi 1,2 pohybují kolem 120Ω . Jak je vidět (obr. 62), tečou horizontálnimi úsekům čtverce proudy stejným směrem jako v původních dipolech – neboť tyto úseky „přijímat“ a vysílat. Vertikální úseky čtverce však nevyzvájuji, protože v jejich horních a dolních polovinách tečou stejně proudy opačných směr-

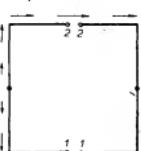
rů. Můžeme říci, že tyto úseky představují jen jistou kapacitní zátěž pro zkrácené horizontální dipoly. Využití vlastnosti čtvercové smyčky jsou tedy shodné s dvojicí horizontálních, soufázově napájených zkrácených dipolů, tzn. že čtvercová smyčka napájená podle obr. 62 vysílá příjemně jen horizontálně polarizované signály. Trochu složitějším, ale v principu stejným způsobem určíme polarizaci i u ostatních druhů smyček na obr. 60. Při vyznačeném způsobu napájení jsou všechny polarizovány horizontálně. Pro vertikální polarizaci je nutné přesunout, popř. smyčky pootočit kolem osy kolmo k rovinu smyčky o $\pm 90^\circ$.

Směrové vlastnosti smyčky a její zisk můžeme názorně vysvětlit, uvažujeme-li původní dvojici dipolů $\lambda/2$ (obr. 61) jako soufázově napájenou soustavu (nyní předpokládáme, že se čtenář s touto problematikou seznámil na str. 17 až 18). Dva soufázově napájené dipoly $\lambda/2$ ve vzájemné vzdálenosti $S_1 = \lambda/4$ vykazují proti jednoduchému dipolu již určitý zisk. Lze jej vypočítat z jejich vzájemné a vlastní impedance (tab. 13).

Tab. 13. Vypočtené zisky soufázově napájených dipolů $\lambda/2$

S_1/λ	G [dB]	G_1 [dB]
0	2.15	0
0.125	2.42	0.27
0.250	3.24	1.1
0.375	4.51	2.35
0.5	5.98	3.83
0.625	6.94	4.79
0.75	6.76	4.61
0.875	5.83	3.68
1.0	4.93	2.78

Jak patrné, přírůstek zisku je maximální při $S_1 = 0.625$ (5/8). Stojí za to si tento údaj zapamatovat. Jde totiž o optimální vzdálenost dvou antén, které mají v rovině fázový všeobecný (kruhový) diagram. Je to tedy vůbec nejmenší vzdálenost, se kterou by se mělo při fázování antén počítat při požadovaném maximálním přírůstku zisku. Z jiných hledisek, např. při použití laděného napájení, však volíme vzdálenost ménší – nejčastěji $\lambda/2$ (např. u soufázových přijímacích anten typu TVA). Z tab. 13 je patrné, že se tím všechny přepravujeme o zisk 0.96 dB. Požárem čtenář si jistě všíme, že maximální přírůstek zisku je u dvojice dipolů 4.79 dB a nikoli dráve uváděných 3 dB při zvýšení antény. Souvisí to s tím, že u všeobecných antén se zisk zvětšuje vlivem značné vzájemné vazby. U rozměrnějších, popř. smerovějších antén se vliv vzájemné vazby zmenší a maximální přírůstek je 3 dB. V případě smyčky quad je vzdálenost obou prvků pouhých 0.25λ , takže přírůstek zisku je jen 1.1 dB. Oba prvky jsou však zkráceny (jejich vodorovná záříčí čášť) na 50% původní délky, takže musíme ještě počítat s jistou redukcí zisku původních dipolů



Obr. 62. Rozložení proudů na celovlnné čtvercové smyčce

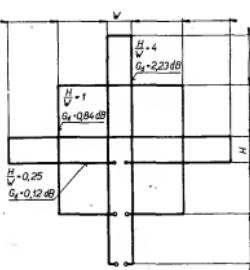
$\lambda/2$. Jak se zmenšuje zisk a využívací odpor zkrácených dipolů je vidět z výsledků uspořádávaných v tab. 14.

Tab. 14.

L_2/λ	G [dB]	G_1 [dB]	R [Ω]
0.05	1.77	-0.38	1.9
0.1	1.79	-0.36	7.6
0.2	1.87	-0.28	27.0
0.25	1.92	-0.23	38.5
0.3	1.98	-0.17	50.0
0.4	2.09	-0.06	67.0
0.5	2.15	0	73.0

Pro malá zkrácení, když je L_2 o něco kratší než $\lambda/2$, nezmění se výrazně směrovost – zisk ani využívací odpor. Je to pochopitelné, protože krátkým koncovým smyčkám, o které je dipol zkrácen, tečou malé proudy, které vlastnosti antény neovlivňují. Při značném zkrácení se změní zejména využívací odpor a výrazně zkrácená anténa se stává prakticky nepoužitelnou, popř. značně neúčinnou.

Aby bylo možno vypočítat vlastnosti celovlnné smyčky, je třeba znát vzájemnou impedanci dvou zkrácených dipolů. Komplexní výpočet směrových vlastností celovlnných smyček pro různý poměr výšky (H) ku šířce (W) dává údaje, uvedené v tab. 15 (obr. 63).



Obr. 63. Pravoúhlé celovlnné smyčky s různým poměrem výšky H ku šířce W

Tab. 15.

H/W	H/λ	W/λ	G [dB]	G_1 [dB]	R [Ω]
0	0	0.5	2.15	0	292.5
0.12	0.1	0.4	2.27	0.12	257.5
0.66	0.2	0.3	2.67	0.52	169.8
1.0	0.25	0.25	2.99	0.84	120.5
1.5	0.3	0.2	3.39	1.24	76.0
4.0	0.4	0.1	4.38	2.23	16.7
9.0	0.45	0.05	4.93	2.78	3.8

Pro $W = 0.5$ a $H = 0$ dostáváme běžný sítka zkrácený dipol s nulovým ziskem, popř. se ziskem $G = 2.15$ dB a odporem, přibližujícím se známé velikosti 300Ω . Se zvětšující se výškou H (neholi S_1 , jak jsme označovali vzájemnou vzdálenost jednotlivých antén v soustavě), se sice zisk teoreticky zvětšuje, využívací odpor se však zmenší, protože zkrácená smyčka prakticky nevyzvájuje. U jednoduché smyčky quad s poměrem $H/W = 1$, tedy můžeme počítat jen se ziskem $G = 3$ dB.

Tab. 18. Pásma, kanály, kmitočty a vlnové délky (podle OIRT)

Pásma	Kanál	Fázsaž [MHz]	f_{ex} [MHz]	λ_{ex} [cm]
i. pásma	K1	48,5 až 56,5	49,75 56,25	603,0 533,3
	K2	58 až 66	59,25 65,75	506,3 456,3
VKV FM		67 až 73		447,8 až 411,0
ii. pásma	K3	76 až 84	77,25 83,75	388,3 358,2
	K4	84 až 92	85,25 91,75	351,9 327,0
	K5	92 až 100	93,25 99,75	321,7 300,7
	Amatérské		144 až 146	208,3 až 205,5
iii. pásma	K6	174 až 182	175,25 181,75	171,2 165,1
	K7	182 až 190	183,25 189,75	163,7 158,1
	K8	190 až 198	191,25 197,25	156,8 151,7
	K9	198 až 206	199,25 205,75	150,6 145,8
	K10	206 až 214	207,25 213,75	144,7 140,3
	K11	214 až 222	215,25 221,75	139,4 135,3
	K12	222 až 230	223,25 229,75	134,4 130,6
	Amatérské		432 až 438	69,4 až 68,5
	K21	470 až 478	471,25 477,75	63,7 62,9
	K22	478 až 486	479,25 485,75	62,6 61,8
IV. pásma	K23	486 až 494	487,25 493,75	61,6 60,8
	K24	494 až 502	495,25 501,75	60,6 59,8
	K25	502 až 510	503,25 509,75	59,6 58,8
	K26	510 až 518	511,25 517,75	58,7 57,9
	K27	518 až 526	519,25 525,75	57,8 57,1
	K28	526 až 534	527,25 533,75	56,9 56,2
	K29	534 až 542	535,25 541,75	56,0 55,4
	K30	542 až 550	543,25 549,75	55,2 54,6
	K31	550 až 558	551,25 557,75	54,4 53,8
	K32	558 až 566	559,25 565,75	53,6 53,1
	K33	566 až 574	567,25 573,75	52,9 52,3
	K34	574 až 582	575,25 581,75	52,1 51,6
	K35	582 až 590	583,25 589,75	51,4 50,9
	K36	590 až 598	591,25 597,75	50,7 50,3
	K37	598 až 606	599,25 605,75	50,1 49,6
	K38	606 až 614	607,25 613,75	49,4 48,9
	K39	614 až 622	615,25 621,75	48,7 48,2
V. pásma	K40	622 až 630	623,25 629,75	48,1 47,6
	K41	630 až 638	631,25 637,75	47,5 47,0
	K42	638 až 646	639,25 645,75	46,9 46,4
	K43	646 až 654	647,25 653,75	46,3 45,9
	K44	654 až 662	655,25 661,75	45,8 45,3
	K45	662 až 670	663,25 669,75	45,2 44,8
	K46	670 až 678	671,25 677,75	44,6 44,2
	K47	678 až 686	679,25 685,75	44,1 43,7
	K48	686 až 694	687,25 693,75	43,6 43,2
	K49	694 až 702	695,25 701,75	43,1 42,7
	K50	702 až 710	703,25 709,75	42,6 42,3
	K51	710 až 718	711,25 717,75	42,2 41,8
	K52	718 až 726	719,25 725,75	41,7 41,3
	K53	726 až 734	727,25 733,75	41,2 40,9
	K54	734 až 742	735,25 741,75	40,8 40,5
	K55	742 až 750	743,25 749,75	40,4 40,0
	K56	750 až 758	751,25 757,75	39,9 39,6
	K57	758 až 766	759,25 765,75	39,5 39,2
	K58	766 až 774	767,25 773,75	39,1 38,8
	K59	774 až 782	775,25 781,75	38,7 38,4
	K60	782 až 790	783,25 789,75	38,3 38,0

Pásma, kanály, kmitočty a vlnové délky (podle CCIR)

Pásma	K2	47 až 54	48,25 53,75	621,8 558,1
I. pásma	K3	54 až 61	55,25 60,75	543,0 493,8
	K4	61 až 68	62,25 67,75	481,9 442,8
	VKV FM		88 až 100	340,9 až 300,0
III. pásma				
	K5	174 až 181	175,25 180,75	171,2 166,0
	K6	181 až 188	182,25 187,75	164,6 159,8
	K7	188 až 195	189,25 194,75	158,6 154,0
	K8	195 až 202	196,25 201,75	152,9 148,7
	K9	202 až 209	203,25 208,75	147,6 143,7
	K10	209 až 216	210,25 215,75	142,7 139,0
	K11	216 až 223	217,25 222,75	138,1 134,7
	K12	223 až 230	224,25 229,75	133,8 130,6
	Označení kanálů a kmitočty obrazu jsou shodné s rozdělením podle normy CCIR. Kmitočty zvuku jsou posunuty o 1 MHz níže.			
IV. pásma				
	V. pásma			

řešením. V některých částech Prahy je např. výhodnější přijímat jeden z obou čs. programů (případně oba) z některého severočeského vysílače. Jiné oblasti jsou dobré zásobeny z několika směrů: např. severovýchodní část středočeského kraje: Tam pak zase nemusí být optimální příjem 1. a 2. programu z téhož vysílače.

Kromě uvedených vysílačů základní sítě je v současné době v provozu již přes 1000 (!) vysílačů místních, tzv. převáděčů, které ovšem mají vysloveně lokální význam. Většinou zajišťují příjem u místního vysílače s nejvíce výhodou.

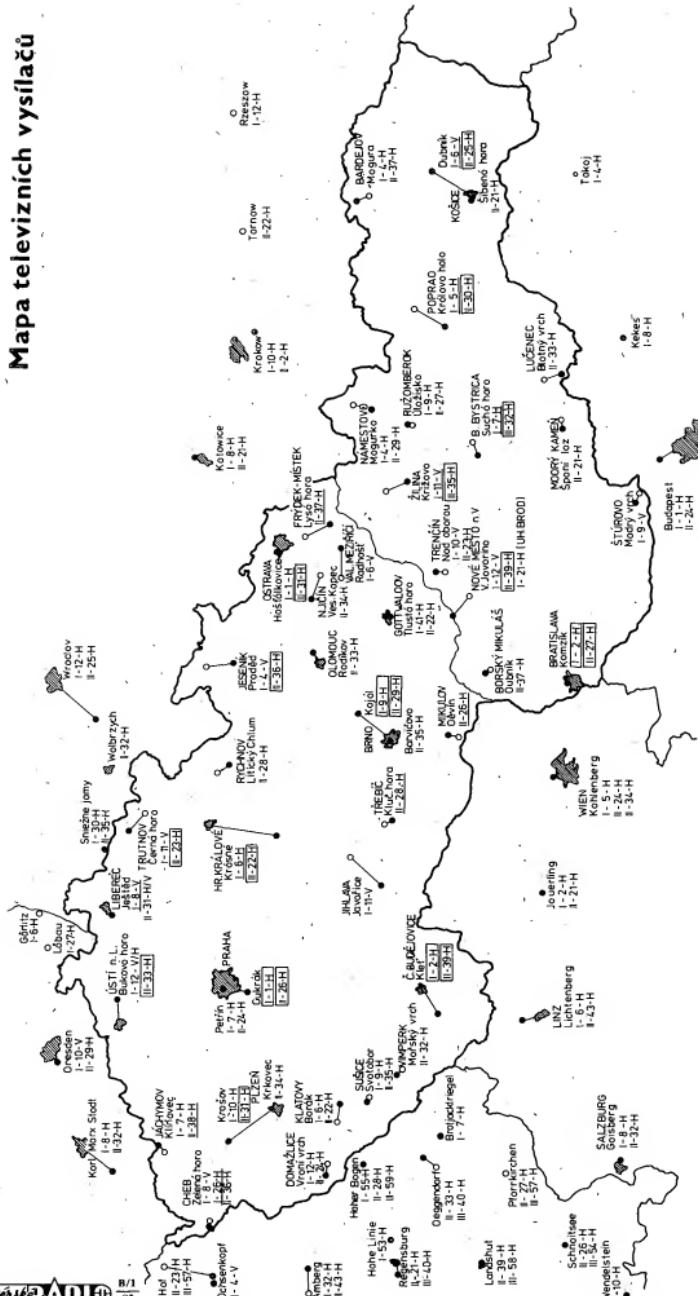
Vysílače jsou v tabulce seřazeny podle krajů. Následuje jméno vysílače, jeho mezinárodně uznávané označení a název skutečného stanoviště, které se většinou neshoduje se jménem vysílače. Východočeský vysílač Hradec Králové je např. umístěn na vrchu Krasné, což je vzdálenost 40 km značně významný bodem. Následuje označení kanálů a polarizace pro každý program. V několika případech je 1. program vysílán i na kanálech IV. a V. pásmá.

Jde např. o K41 – Gottwaldov a další. K41 je též nejvíce kanál označený vysílačem čs. základní sítě. U místních vysílačů – převáděčů jsou při jejich značném počtu obsazeny všechny kanály až do K51. V tabulce je dále uveden i výkon vysílače, který se však neshoduje s výkonom vyzářeným, protože nezahrnuje zisk antény. Čennou informaci je údaj o vysílání polarizací, která je u několika významných vysílačů 1. programu vertikální (Liberec K8, Trutnov K11, Cheb K8, Jihlava K11, Val. Meziříčí K6, Žilina K11, Košice K6). Tyto informace nejsou stále dostatečně rozšířeny, a tak se ještě setkáváme s nesprávnou polarizací anténami. Opačná polarizace zeslabuje přijímaný signál minimálně o 20 dB. Anténa vysílače Ústí n. L. na Bukové hoře na K12 pracuje s eliptickou polarizací. Jde o experiment, prováděny a vyhodnocovány Výzkumným ústavem spojů – Praha. Při příjmu tohoto vysílače by v průměru neměl být rozdíl v síle signálu, přijatého libovolně polarizovanou anténou. Vliv polarizace přijímací antény by se měl projevit v místech, v nichž je přijímaný signál znehodnocen odrazem, jinými slovy eliptická (kruhová) polarizace vysílací antény umožňuje v jistých místech potlačit vliv libovolné polarizace přijímací antény ty odrazy, na které „nestačí“ přijímací anténa svými směrovými vlastnostmi.

Literatura

- Yagi, H.; Uda, S.: Proc. of the Imperial Academy, únor 1926.
- Uda, S.: J. of the Inst. of Elec. Eng. of Japan, 1927–28.
- Yagi, H.: Beam Transmission of Ultra Short Waves. Proc. Inst. of Radio Engrs, 1928.
- Uda, S.; Mushikake, Y.: Yagi-Uda Antenna. Research Inst. of Elec. Comm. Tohoku University, Sendai 1954.
- Kraus, J. D.: Antennas. McGraw-Hill: New York 1950.
- King, R. W.: The Theory of Linear Antennas. Harvard Univers. Press: Massachusetts 1956.

Mapa televizních vysílačů



Tab. 19. Čs. televizní vysílače základní sítě

Kraj	Název vysílače	Stanoviště	1. program	2. program
Praha-město Středočeský	Praha-město Praha	Petřín Cukrák	K7 H 2,5 kW K1 H 30	K24 H 15 kW K26 H 50
Jihočeský	Č. Budějovice Vimperk	Klet Málský vrch	K2 H 10 -	K39 H 20 K32 H 5
Západoceský	Písek Písek-město Cheb Cheb Jáchymov Domažlice Klatovy Sušice	Krášov Krákavec Zelená hora Zelená hora Klínovec Vraní vrch Bárák Svatobor	K10 H 10 - K8 V 0,1 K26 H 5 K7 H 0,3 K12 H 0,2 K6 H 0,3 K9 H 0,1	K34 H 5 K31 H 20 K36 H 5 - K38 H 20 K24 H 5 K22 H 5 K35 H 5
Severočeský	Ústí n. L. Liberec	Buková hora Ještěd	K12 V/H 10 K8 V 2,5	K33 H 20 K31 V/H 5
Východočeský	Hradec Králové Trutnov Rychnov n. K.	Krásné Černá hora Litický chlum	K6 H 10 K11 V 0,2	K22 H 20 K23 H 20 K28 H 5
Jihočeský	Brno Brno-město Jihlava Třebíč Gottwaldov Uherský Brod Mikulov	Kojál Barvíčova Javorice Klučovská hora Tlsta hora Velká Javorina Děvín	K9 H 20 - K11 V 2,5 - K41 H 2 K21 H 0,8 -	K29 H 20 K35 H 2 - K28 H 10 K22 H 5 - K26 H 10
Severomoravský	Ostrava Jeseník Olomouc Nový Jičín Val. Meziříčí Frydek-Místek	Holýšovice Prádlo Radíkov Veselský kopec Radhošť Lyša hora	K1 H 10 K4 H, 2 - - K6 V 0,1 -	K31 H 20 K36 H 20 K33 H 2 K34 H 5 - K37 H 20
Západoslovenský	Bratislava Nové Mesto n. V. Nové Mesto n. V. Trenčín Stúrovo Borský Mikuláš	Kamzík Veľká Javorina Veľká Javorina Nad Oborou Modrý vrch Dubník	K2 H 10 K12 V 0,3 K21 H 10 K10 V 0,6 K9 V 0,1 -	K27 H 20 K39 H 20 - K23 H 5 - K37 H 5
Středoslovenský	B. Bystrica Žilina Ružomberok Námestovo Lučenec Modrý Kameň	Sučáh hora Križava Uložisko Magurka Blatný vrch Španí laž	K7 H 10 K11 V 5 K9 H 0,6 K4 H 0,6 - -	K32 H 50 K35 H 20 K27 H 2 K29 H 5 K33 H 5 K21 H 5
Východoslovenský	Košice Košice-město Poprad Bardejov	Dubník Síbená hora Kráľova Hola Magura	K6 V 10, - K5 H 10 K4 H 1	K25 H 50 K21 H 0,2 K30 H 20 K37 H 5

Tabulka zpracována podle *Novotný, J.: Síť televizních vysílačů v závěru 6. pětiletky. Telekomunikace č. 9/1980.*

[7] *Walkinshaw, W.: Treatment of Short Yagi Aerials. J. of the IEE, vol. 93, část 3a. Londýn: 1946.*

[8] *Vysokovskij, D. M.: Amplitudofazový je srovnání poloh v vibrátorach antény „volnovoj kanal“. Dokl. Akad. nauk SSSR 96, č. 5/1954.*

[9] *Reid, D. G.: The Gain of an Idealized Yagi Array. J. of the IEE, vol. 93, část 3a. Londýn: 1946.*

[10] *Sengupta, D. L.: On the Phase Velocity of Wave Propagation Along an Infinite Yagi Structure. IRE Trans. AP-7, VII., č. 3/1959.*

[11] *Fishenden, R. M.; Wiblin, E. R.: Design of Yagi Aerials. Proc. Inst. of Electr. Eng. 96, III/1949.*

[12] *Reinolds, D. K.: Broad Band Traveling Wave Antennas. IRE Nat. Conv. Rec. I, březen 1957.*

[13] *Spector, J. O.: An Investigation of Periodic Structures for Yagi Aerials. Proc. Inst. of Electr. Eng., B 105, ledn 1958.*

[14] *Sengupta, D. L.: On Uniform and Linearly Tapered Long Yagi Antennas. IRE Trans. AP-6, 1960.*

[15] *Bojsen, J. H.; Jacobsen, H.; Nilsson, E.; Andersen, H. B.: Optimization of Yagi-Uda Arrays. Laboratory of Elmag. Theory TU of Denmark, Lyngby 1971.*

[16] *Green, H. E.: Design Data for Short and Medium Length Yagi-Uda Arrays. Elec. Eng. Trans., březen 1966. The Inst. of Eng. Australia.*

[17] *Cheng, D. K.: Optimization Techniques for Antenna Arrays. Proc. of IEEE, vol. 59, prosinec 1971.*

[18] *Cheng, D. K.; Chen, C. A.: Optimum Element Spacings for Yagi-Uda Arrays. IEEE Trans. AP-21, září 1973.*

[19] *Chen, C. A.: Perturbation Techniques for Directivity Optimization of Yagi-Uda Arrays. Ph. D. Dissertation, Syrac. Univ., N. Y. 1974.*

[20] *Chen, C. A.; Cheng, D. K.: Optimum Element Lengths for Yagi-Uda Arrays. IEEE Trans. AP-23, leden 1975.*

[21] *Ehrenspeck, H.; Poehler, H.: A New Method of Obtaining Maximum*

Gain from Yagi Antennas. IEE Trans. AP7, říjen 1959.

[22] *Lindsay, J.: Quadra and Yagis. QST, květen 1969.*

[23] *Greenblum, G.: Notes of the Development of Yagi Arrays. QST, č. 8 a 9/1956.*

[24] *Kmosko, J. A.; Johnson, H. G.: Long Yagis. QST, č. 1/1956.*

[25] *Orr, W. I.; Johnson, H. G.: VHF Handbook 1957.*

[26] *Wiewelicki, P.: Yagi Antenna Design. National Bureau of Standards, TN 688, US Dep. of Commerce, Washington, DC, prosinec 1976.*

[27] *Lawson, J.: Yagi Antenna Design. HAM Radio, New York 1980.*

[28] *Hansen, W. W.; Woodyard, J.: A New Principle in Directional Antenna Design. Proc. IRE 26, březen 1938.*

[29] *Zucker, F. J.; Thomas, A. S.: Radiation from Modulated Surface Wave Structures. IRE Nat. Conv. Rec. část I, 1957.*

[30] *Jasik, H. G.: Antenna Engineering Handbook. McGraw-Hill: New York 1961.*

[31] *Fiebranz, A.: Antennenanlagen für Rundfunk und Fernsehempfang. Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik: Berlin 1961.*

[32] *Rothe, G.: Antennenpraxis. VEB Verlag Technik: Berlin 1964.*

[33] *Procházka, M.: Zváže zisk své antény. ST č. 6/1979.*

[34] *Krupka, Z.; Philipp, Z.: Příjem a rozvod televizních a rozhlasových signálů. AR-B, č. 5/1979.*

[35] *Kolmačka, F.: Protiporučové televizní přijímači a antény. ST č. 5/1977.*

[36] *Český, M.: Antény po příjem rozhlasu a televize. SNTL: Praha 1976.*

[37] *Vít, V.; Kočí, J.: Televizní příjem na IV. a V. pásmu. SNTL: Praha 1971.*

[38] *Caha, V.; Procházka, M.: Antény. SNTL: Praha 1956.*

[39] *Český, M.; Procházka, M.: Radiotechnické příručka II, s. 8 až 96. SNTL: Praha 1978.*

[40] *Prokop, J.; Vokurka, J.: Šíření elektromagnetických vln a antény. SNTL/ALFA: Praha/Bratislava 1980.*

[41] *Firemní literatura (Hirschmann, Kathrein, Stolle, Fuba, Bosch, Kompass, RFT-VEB Bad Blankenburg, Kovoplast).*

[42] *Čs. normy související s problematikou antén:*
ČSN 341380 Ochrana před nebezpečnými účinky statické elektřiny,
ČSN 341390 Předpisy pro ochranu před bleskem,
ČSN 342820 Předpisy pro antény,
ČSN 342830 Předpisy pro společné přijímací televizní a rozhlasové antény a jejich rozvody,
ČSN 367210 Televizní a VKV přijímací antény.

OPRAVA

V AR řady B č. 5/1981 byla na třetí straně obálky otisklá deska s plošnými spoji bez uvedení jejího objednacího čísla. Deska má objednací číslo P232 a lze ji pod tímto číslem zakoupit v prodejně v Budečské ulici v Praze, nebo objednat na dobírkou v Hradci Králové.

Antény v podmírkách praktického příjmu

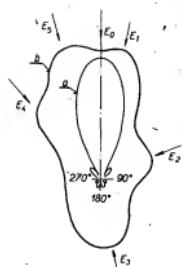
V praxi se sotva vyskytuje ideální případ zcela homogenního rozložení elektromagnetického pole v místě příjmu. Rozdíly v rozložení pole jsou spíše velmi rozmanité a sotva se ve stejně konfiguraci opakují na jiném místě. Tato skutečnost podstatně ovlivňuje zvláštní problematiku při volbě vhodné přijímací antény a jejího umístění. Ve většině případů je při tom spolehláme na zkušenosť, které během doby každý experimentátor nebo montér antén získá, při padné porovnáváme dosažené výsledky se současným stavem. Ne vždy však vedou tyto zjednodušené přístupy k kritériu k žádámonu výsledku. Platí to zvláště při instalaci antén v zastávěném prostředí, za překážkami apod. Situace je tu obtížná a nepředvídatelná, že nejen amplitudu, ale i fázové plochy elektromagnetického pole podléhají silným změnám, jejichž příčiny nejsou často zjevné. V tomto kvíci zvláštní problematiku použití přijímacích antén. Lze říci, že toto „komplexní“ elektromagnetické pole je velmi obtížné, či spíše sotva pochopitelné. Proto je třeba zkoušet, jak správně posoudit a vystihnut existující pole a z toho pak projektovat anténu soustavu. Ve výhodě je to ten, kdo má dostatečné znalosti a zkušenosť, užitelné měřicí přístroje i dostaček času a trpělivosti.

Zvláštnosti rozložení elmag. pole v místě příjmu

V praxi máme v místě příjmu téměř vždy více méně nehomogenně rozložené elmag. pole. Příčinou jsou zejména odrazy od země, budov, terénních tvarů, takže se v místě příjmu objeví kromě přímého signálu i časově různě zpožděné signály odražené. Časové zpoždění znamená i změnu fáze.

Prostoročné rozložení elmag. pole se ovšem mění i v závislosti na kmitočtu, a to i v rozsahu jediného TV kanálu, takže poměry na obrazovém a zvukovém kmitočtu mohou být značně odlišné. Pro BTV jsou pak vlivy selektivního rozložení pole na kmitou obrazu podstatně významnější, což je příčinou větších potíží při výběru místa pro anténu i výběru antény samé. Znamená to třeba, že ne v každém místě, kde byl dobré přijímat černobílý obraz, musí být dobrý i příjem obrazu barevného. Příčinou je zpravidla umístění, popř. typ antény vzhledem k výše zmíněným vlivům (pokud ovšem přenosu BTV využívají svými parametry další části přenosové cesty od antény k přijímači, což zejména u starších spoolečných televizních rozvodů nebyvalo).

Výstupní napětí antény umístěné v komplexním elektromagnetickém poli má rovněž komplexní charakter. Jednotlivé složky pole se vektorově sčítají v poměrech, ovlivněných směrovým diagramem antény na straně jedné, a směry, amplitudou i fázou dopadajících přímých i odražených signálů na straně druhé. Na černobílém obrazovém signálu se tyto poměry nejzřetelněji projevují jako: pozitivní či negativní „duchy“, na zvukovém signálu zkrášlení. U barevného obrazu se mohou objevit barevné hrany, okraje i celkové zkreslení barev. Vzhledem k tomu, že výstupní napětí z antény je tvořeno vektorovým součtem všech složek, není v těchto případech možné stanovit kvalitu přij-

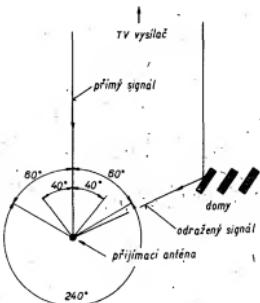


Obr. 66. Směrový diagram antény, měřeny na měřicím pracovišti (a) a diagram téže antény v podmírkách praktického příjmu (b).

maného signálu jen pouhým měřením sily pole.

V souvislosti s tím je třeba připomout, že v takovém místě vůbec není možné změřit skutečný směrový diagram antény. Prakticky to vypadá jako na obr. 66, kde je vyznačen směrový diagram antény, změřený v ideálních podmírkách měřicího pracoviště (a), a diagram téže antény (b), jak se jeví v místě použití, uprostřed zastaveného prostoru, kde na anténu dopadají odražené signály z různých směrů. Je jasné, že vlastní diagram antény se bude tím méně lišit od skutečnosti na použitém místě, čím menší směrovost (zisk) bude anténa mít. Čím bude směrovost antény větší, tím hlubší budou minimy mezi směry k jednotlivým odražením, a jím odpovídající vektorový součet napětí (E, až E₅ na obr. 66) na celkovém výstupním napětí z antény. Znamená to, že směrovější anténa bude na takovém místě dodávat kvalitnější signál, i když mánoznaší úroveň, než anténa o menším zisku. To proto, že na celkovém výstupním napětí z antény je dosud zminěn napětí antény s menší směrovostí se větší měřenou podlejí složky způsobené odraženými signály.

Jak již bylo řečeno, v nehomogenním poli může anténa s větším ziskem dodávat menší napětí, než anténa se ziskem menším. Kvalita obrazu, měřená potlačením rušivých odražů, vypadá výrazně lepší. Proto se při příjmu místních nebo silných vysílačů nemá na anténě šetřit. Praxe



Obr. 67. Prodloužení dráhy odraženého signálu závisí na poloze překážky vzhledem ke spojnicí vysílač - přijímač.

ukazuje, že právě v husté sídlišti žádavé bě s výškovými budovami, bohaté na intenzivní odrazy, je použit antény větší, až velkou směrovostí učinným krokem. Zbytěně silný signál, který se může blížit „maximálnímu užitečnému signálu“, je možné zeslabit útloumovým členem na přijatelnou hodnotu, popř. je možné se přiblížovat až k „citlivosti omezené řízením“ (pro určitý odstup signál/šum), kdy s největší pravděpodobností dosáhne anténa zeslabený odraz tak nízké úrovni, že se již rušivé neprojeví. V podstatě jde o jednoduchou cestu ke zlepšení kvality obrazu.

Zde je vhodné připomenuout, že výše uvedená metoda, využití velmi směrové antény k příjmu silného vysílače v nehomogeném poli, není v rozporu s poznatkem, uvedeným na str. 24, kde se použití antény s velkým ziskem v nehomogeném poli, hodnotil s ohledem na maximální dosažitelné napětí na výstupu z antény při příjmu poměrně slabých až velmi slabých signálů. V prvním případě jde v prvé řadě o kvalitu obrazu, nezáleží na případném menším napětí, kterého je spíše nadbytek. V druhém případě jde o maximální napětí výstupu, který anténa odevzdá jen v homogeném poli.

V druhém případě, při dálkovém přímu TV, není zpravidla také bezpodmínečně nutné optimalizovat umístění antény pomocí televizoru. Je možné použít selektivní měřicí signálu, popř. přijímat s indikátorem. Výjimkou jsou případy, kdy s žádáným signálem interferuje signál jiného vysílače, což se jinak než na televizoru nepozná. Použití televizoru je nutné i při optimalizaci polohy a směru antény opařeně anténním ziseloučtem, který není dostatečně odolný proti intermodulaci s kmitočty blízkých vysílačů.

Rozdíl v přístupech při řešení obou případů je dán i tím, že k dálkovému přímu se zpravidla rozhodujeme jen v případech, kdy to tomu může jít o předpoklady, kdežto při místních vysílačích musíme řešit za situace, jaká je. Dosud zminěné metody doplňujeme v dalším informaci o poměrně jednoduchém postupu, který někdy může přispět ke zlepšení příjmu TV.

Počíte se zdvojenými či vicenásobními obrazy, čili duchy má němá část poslučnou TV. Většina duchů je, jak již bylo řečeno, způsobena odraženými vlnami, které dopadají na přijímací anténu později než vlny primitivní, tzn. příčasného oklikou, odraženou od různých překážek. K jejich odstraňení se užívá především směrových antén, které byly přijem v nezádůjích směrů potlačit.

Duch se na stinku obrazovky ztrácí, pokud je potlačen až o 26 dB proti hlavnímu signálu. Odstupu amplitudy hlavního (žádaného) a odraženého (nežádaného) signálu není konstantní, zvláště v zastíněných oblastech může na krátkých úsecích značně kolísat. Nejmenší rozdíl v umístění antény mezi maximální a minimální vzdálostí odražu činí 1/4. To je 33 až 43 cm na III. pásmu a 9 až 16 cm na IV., a V. pásmu. Běžně se doporučuje použít pro příjem antény se značnou směrovostí a vyhledat pro ni takové místo, v němž je odstup obou signálů maximální. Navíc je pak možno v jistých případech využít nekterého z míst, umístit nezádůj odraž (jak je to ostatně podrobne popsané na str. 22). Kromě této všeobecně známých metod k potlačení odražených vln existuje ještě jedno méně známé hledisko pro vyhledání optimálního umístění antény. Jde o zlepšení odražu fázovým posuvem. Vzdálenost odpovídajících hran hlavní-

ho obrazu a jeho „ducha“ je dána rozdílem delek druh přímého a odraženého signálu. (viz tab. 19). Vyhádime-li délku každé dráhy ve vlnových délkách příslušného obrazového kmitočtu, obdržíme dve čísla, lišící se o rozdíl v délce obou druh, vyjádřený ve vlnové délce. Z velikosti tohoto rozdílu lze určit vzdáenosť i fázi odraženého signálu. Celé číslo udává dostatečně přesné vzdáenosť obou obrazů, jeho zlomek pak určuje jejich vzájemnou fázi. Je-li tedy rozdíl druh hlavního

a odraženého signálu (vyjádřený v λ , popř. $\lambda/2$) celé číslo, popř. je-li sudým násobkem $\lambda/2$, jsou obě napětí ve fázi a jejich kladná i záporná maxima včetně nulových hodnot se navzájem kryjí. Je-li rozdíl druh lichým násobkem $\lambda/2$, shodují se nulové hodnoty obou signálů, ale kladná maxima se kryjí se zápornými, takže odražený signál je se signálem přímým v protifázi. Je-li pak rozdíl druh obou signálů, zlomek rozdílu mezi lichým a sudým násobkem $\lambda/2$, dochází k fázovému posuvu mezi

soufází a protifázi (tj. mezi 0° až 180° , popř. mezi 180° až 360°). Soufázová napětí hlavního obrazu a nežádánoho odrazu lze změnit v protifázi takovou změnou umístění antény, při níž se změní rozdíl mezi druhou přímého a odraženého signálu, přesně o $\lambda/2$.

Obr. 68 až 70 ukazují vlii uvedených fázových poměrů na obrazovce. Při shodné fázi (0° nebo 180°) na obr. 68 se posunute černé a bílé obrazy čar-nebo ploch objevují ve stejné barvě. Naproti tomu při protifázi, obr. 69, došlo u odrazu k zámeně černé za bílé. Podle fotografické terminologie hovoříme v prvním případě o pozitivním odrazu a v druhém o odrazu negativním. Při fázovém posuvu kolem 90° (popř. 270°), kterému odpovídá rozdíl druh, jenž je lichým násobkem $\lambda/4$, je odraz na obr. 70 ještě pozitivní, ale jeho kontrast vzhledem k hlavnímu obrazu je slabší než v obrazech předchozích případech, takže rušivý dojem je nejmenší. Všechny tři snímky znázorňují poměry při odstupu amplitud obou signálů 6 dB. Pokud se odstup zvětší na 14 až 20 dB, jsou soufázové i protifázové odrazy ještě zřetelně, ale odraz posunutý o 90° je již sotva patrný.

Výše uvedené poměry na obr. 68 až 70 se podařilo znázornit následujícím způsobem. Dvě stejně antény připojené k jednomu přijímacímu byly nasměrovány na tený vysílač. Napájecí (sousový) kabel jedné z nich byl o 300 m delší, aby se dosáhlo zřetelného posunutí (asi o 1 cm) obrazu. Odstup úrovně obou signálů byl nastaven na 6 dB. Rozdíl délek obou kabelů byl nastaven na sudý násobek $\lambda/2$, tj. na soufázový odraz při shodné poloze obou antén. Pak byla jedna anténa postupně posunuta o $\lambda/4$ a o $\lambda/2$ směrem k vysílači.

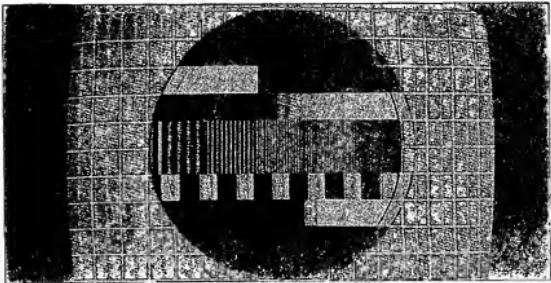
Praktická aplikace

Také v praxi může být někdy užitečné posunout přijímací anténu ve směru k vysílači (nebo od vysílače) při dosažení výhodnějšího fázového posunu mezi hlavním a odraženým signálem. Pokud odražený signál dopadá na přijímací anténu ve směru zhruba kolmém na směr k vysílači (obr. 67), odpovídá posun antény ve směru k vysílači (nebo od vysílače) průměru rozdílu druh mezi oběma signály. (Při tom pochopitelně předpokládáme, že vzdáenosť přijímací antény – místo odrazu – je nepatrná proti vzdáenosnosti k vysílači).

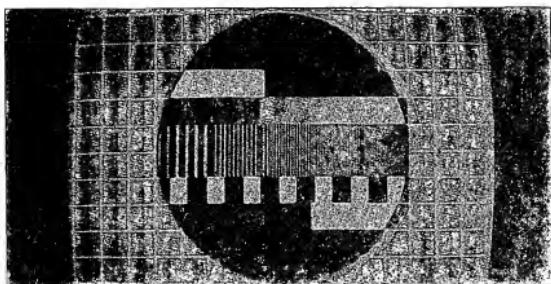
Přichází-li odražený signál ze zadu, tj. z opačného směru než je směr k vysílači, je při stejném posunu antény rozdíl druh mezi oběma signály dvojnásobný. Tento rozdíl je ale zhruba poloviční, čili lichový rozdíl zaznamená oběma signály 60°.

Při odrazech pcháčejících v rozsahu úhlu 240° (viz obr. 67) čini tedy potřebný posun antény od soufázového nebo protifázového odrazu k posunu o 90° asi $\lambda/8$ až $\lambda/2$. Tj. 16 až 86 cm na III. pásmu a 5 až 32 cm na IV. a V. pásmu.

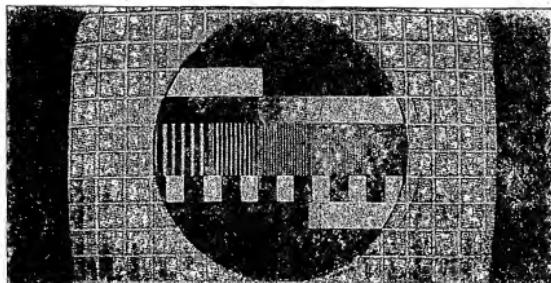
V rozsahu azimutu $\pm 60^\circ$ od směru k vysílači se potřebná posunutí antény velmi rychle zvětšují, až jsou nekoncne velká, popř. nerealizovatelná. A pro uprostřednost ještě dodejme, že v případě, odráží-li se nezádoucí signál v opačném směru za vysílač anténu, zůstává fázový rozdíl mezi oběma signály při každém posunu přijímací antény konstantní. V praktických případech se obvykle stává, že odrazy ze směru do $\pm 40^\circ$ dopadají na přijímací



Obr. 68. Soufázový odraz (0° popř. 360°)



Obr. 69. Odraz v protifázi (180°)



Obr. 70. Odraz s fázovým posuvem 90°

ci anténu se značnou úrovní a vytvářejí na stíniku obrazovky celou řadu duchů, které jsou způsobeny vícenásobnými odrazami. Směs odražených vln bývá tak „zmatená“, že je těžko najít nějaký čílenědomy postup ke zlepšení situace. Taková situace je zpravidla těžko řešitelná. Většinou nezbývá nic jiného, než se pokusit vyhledat pro anténu jiné místo, a použít anténu s co největší směrovností.

V úvodu bylo vysvětleno, že se odstup amplitudy žádaného a rušivého signálu může podstatně zvětšit posunem antény. Pokud se tento efekt zároveň v příznivém smyslu setká s výhodným posuvem fáze obrazu, může být i úspěšné použití antény překapivé dobrý. Na druhé straně je však i možné, že oba vlivy budou působit proti sobě a situace se nijak nezlepší.

Vlastní laborování nezbývá jednoduché, protože je třeba současně kontrolovat obraz na obrazovce. Anténu lze těžko plynule posunovat, pokud anténu stožár prochází řádou direktorů. Proto je výhodnější upnout anténu na výložném rameni a podpůrném rámu, po kterém je posunuti možné.

Likvidace nežádávaných odrazů, připadně jiných rušivých vlivů je většinou zdlouhavá praca, která nevede vždycky k žádáným výsledkům. Nicméně stojí zato se jí věnovat a vyzkoušet alespoň ty nejednodušší postupy a metody, zvláště když jde o „barvu“, za kterou jsme dali patnáct tisíc Kčs.

• • •

Pro lepší orientaci při identifikaci možných zdrojů odrazů připojujeme tabulku, která udává pro nejběžnější typy obrazovek rozdíly v drahách přímého a odraženého signálu pro čtyři vzdálenosti (30, 10, 3 a 1 mm) obraz – duch na obrazovce.

Vzdálenost odrazu	Uhlopříčka obrazovky/šířka obrazu [cm]
31/26	47/40 61/49 67/54
30 mm	1815 m 1180 m 964 m 875 m
10 mm	606 m 394 m 321 m 292 m
3 mm	181 m 118 m 96 m 87 m
1 mm	60 m 39 m 32 m 29 m
	Rozdíl v drahě přímého a odraženého signálu

Dopadá-li odražený signál na přijímací anténu ze směru přibližně kolmého na směr k vysílači (tj. ze strany), je rozdíl v drahách obou signálů téměř shodný se vzdáleností k překážce, která je příčinou odrazu.

Při výpočtu vzdáleností, uvedených v tab. 19 se vychází ze známých parametrů obrazového signálu (625 rádků, 25 obrazů/s), takže na přenos informací jednoho rádku bývá 64 µs a po odečtení zpětného běhu se vlastní obrazovou informace přenese za 52, 48 µs.

PŘÍKLADY KONSTRUKcí ANTÉNNÍCH SOUSTAV

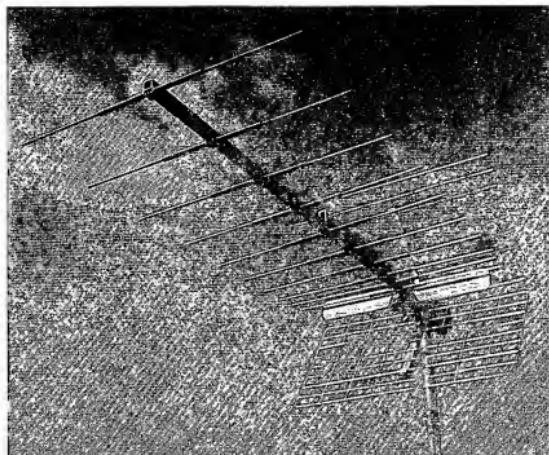
Fotografie, jimž chtěl autor doplnit některé kapitoly a oživit text, se na redakčním stole objevily pozdě. Proto jimi celé číslo uzavíráme. Věříme, že nebudou přehlednuty.

Velká fotografie na protější straně představuje experimentální, rozoberatelnou, lze říci „mobilní“ anténní soustavu, sestavenou z pěti základních antén, napájených laděním vedením. Princip laděného vedení byl vysvětlen na str. 17. Konstrukce antény je pozoruhodná tím, že laděné vedení je současně nosnou konstrukcí celé anténní soustavy. Vlastní na-

páječ – souosý kabel je protažen stožárem a jednou z trubek souměrného nosného vedení. V místě upevnění prostřední antény je střední vodič souosého napájecího vedení a galvanicky spojen s druhou trubkou laděného nosného vedení.

Pro dobrou mechanickou stabilitu nosného vedení jsou obě trubky nahoře a dole spojeny čtvrtvlnními úseky. Tyto čtvrtvlnní s kruhovitými úsekami jsou současně symetrickými členy.

Vzdálenost S_d (viz str. 14) mezi anténami je 13. Této vzdálenosti odpovídá zvolený typ antény. Impedance soustavy, měře-



Anténa se skupinovými direktory a uhlovým reflektorem, určená pro příjem na K21 až K26. Celovlnný dipol budi dva řady direktorů z antény typu 12Y 1,8-0,92. Direktory ($t = 6$ mm) jsou větveny do laminátových trubek, které je upevňují k nosnému rámu a navzájem galvanicky oddělují. Anténa se upevňuje na stožár za uhlovým reflektorem, $G_d = 13,5$ dB

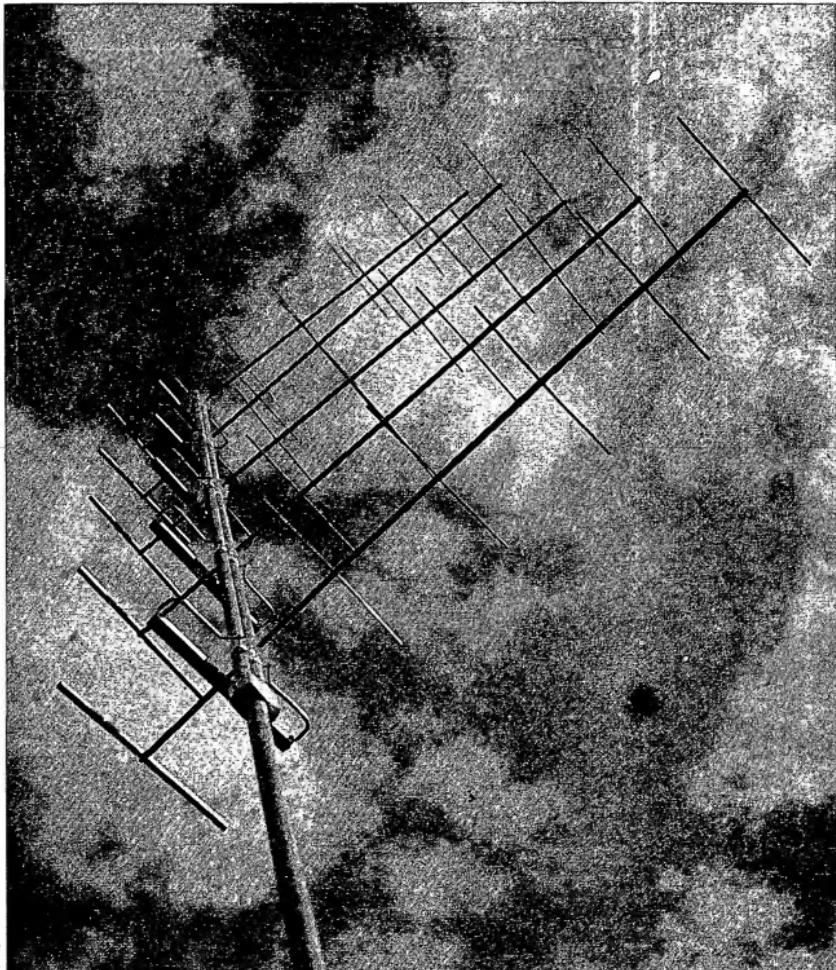


Požadavky příslušných norm na ochranu antén před úderem blesku a účinky atmosférické elektřiny nelze podceňovat. I když k přímému úderu blesku do antény dochází zřídka, bývá koněčný „efekt“ zpravidla impozantní, především tehdy, když je anténa vůbec uzemněna. Požáry domků vznikají po úderech blesků do antén. Žádný z domků nebyl opatřen bleskosvodem, takže se jím stala v obou případech vnější anténa, která nebyla např. na levém obrazku vůbec uzemněna. Pod střechou (!) novostavby na pravém obrázku byl sice stožár spojen s vodovodním rozvodem, ovšem velmi nedokonale, takže výboj se rozvětvil a zničil celý interiér.

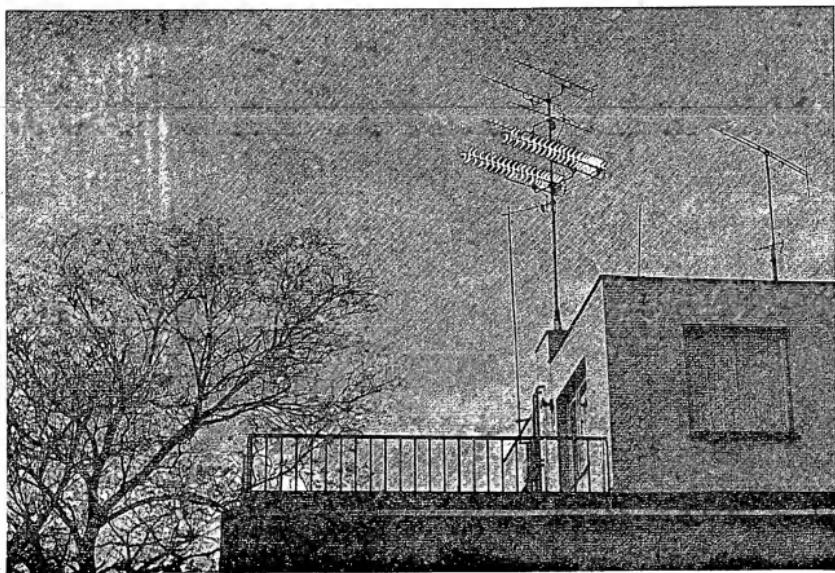
ná na výstupu, tj. u střední antény, je 75Ω . Jednotlivé antény musí mít tedy impedanči 375Ω ($5 \times 75 \Omega$). Dosahuje se toho vhodným poměrem průměru vodičů – trubek, tvorících skládaný dipol. Jde totiž o konstrukci staršího data, tj. z doby, v níž se ještě běžně nepoužívalo k úpravě impedance Yagiho antén uspořádání skládaný dipol-sirokopásmový direktor. Mimoto dalším z požadavků je relativně značný transformační poměr.

Znázorněný konstrukční princip je

obecně použitelný pro všechny antény, kterým vyhovuje fazení do soustav nad sebou ve vzdálenosti 1λ . Jsou to tedy nepříliš dlouhé Yagiho antény, takže celá soustava může být poměrně dobré mechanicky vyvážená. V zásadě však lze stejně konstrukce využít pro $S_E = 2\lambda$. Jednotlivé antény by však v tomto případě měly být delší, což by již patrně nebylo mechanicky únosné. Pro úplnost ještě dodejme, že jde o anténní soustavu pro poměrně úzké kmitočtové pásmo.



Anténní soustava pro UKV s laděným napájením základních antén. Napájecí vedení je současně nosnou konstrukcí celé soustavy. Vzdálenost S_E antén je 1λ .



13. ROČNÍK KONKURSU AR

V posledním říjnovém týdnu loňského roku byl vyhodnocen 13. ročník konkursu AR. Jak jsme již naše čtenáře informovali v podmírkách konkursu, uveřejněných v AR A2/81, byly přihlášené konstrukce poprvé hodnoceny podle poněkud odlišných kritérií, než tomu bylo v předešlých letech.

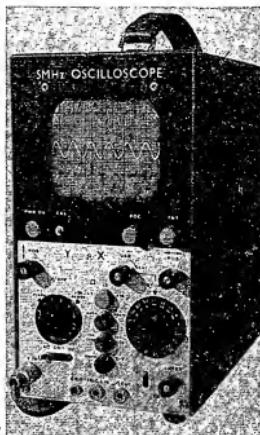
Do závěrečného kola bylo vybráno 30

nejzdařilejších konstrukcí z celkového počtu 46 konstrukcí přihlášených. Dne 20. října 1981 zasedla k závěrečnému hodnocení tétočto příspěvků komise v tomto složení: doc. ing. Jiří Vackář, CSc – předseda, ing. Jan Klábal – zástupce předsedy, dr. Antonín Glanc, ing. Jiří Žíma, Luboš Kalousek a Adrien Holhans – členové komise.

Výsledky konkursu

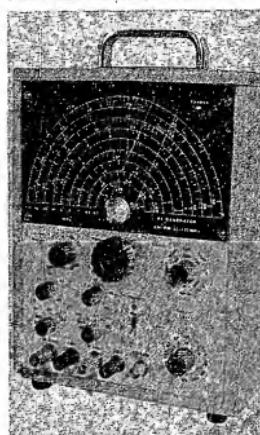
I. ceny

Páječka s automatickou regulací teploty (J. Šlegr)	2000 Kčs
Osciloskop (ing. J. Doležílek, ing. M. Munzar)	2000 Kčs
	+ vypsaná prémie 500 Kčs



II. ceny

Signální generátor (ing. J. Doležílek, ing. M. Munzar)	1500 Kčs
	+ vypsaná prémie 500 Kčs
Optický synchronizátor elektronického blesku (M. Kolářík)	1500 Kčs
Čítač do 1000 MHz (ing. J. Doležílek, ing. M. Munzar)	1500 Kčs
Multigenerátor MG-81 (J. Drozd)	1500 Kčs
Anténaskop (J. Svrčina)	1500 Kčs



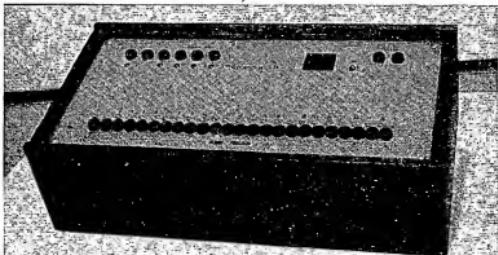
III. ceny

Generátor silového kmitočtu (dr. L. Kellner)	1000 Kčs
Hlasitý telefon (J. Kroczeck)	1000 Kčs
Měřicí tranzistor (M. Skoták)	1000 Kčs
Stupnice s LED (ing. J. Pokorný)	1000 Kčs
Nouzové osvětlení kola (J. Kusala)	1000 Kčs

Kromě toho se komise rozhodla odmítnit navíc tyto přihlášené konstrukce:
Digitaltest (I. Zajac) 500 Kčs
Převodník A/D (P. Žukáč) 500 Kčs
Intelligentní sonda (ing. P. Lachovič) 500 Kčs
Programovatelný čítač (ing. M. Hrdlička) 500 Kčs
Měřič pH (O. Burger) 500 Kčs

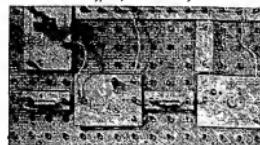
Jako tomu bylo v loňském roce, i letos budou všechny odměny i ceny vyplaceny autorům konstrukcí v hotovosti a obdrží je poštou.

Co říci na závěr? I když přihlášené konstrukce bylo letos poněkud více, než loňského roku, přesto jsme postrádali větší výběr ve vtipných jednoduchých konstrukcích, které byly pro zájemce účelné a především snadno realizovatelné. Zbývá nám proto jen doufat, že v příštím ročníku konkursu, jehož podmínky jsou na další straně, uvidíme více jednoduchých a vtipných konstrukcí.



Programmatik TTL ing. T. Pavliše a J. Losenického

Osciloskop a vý generátor AM-FM, 0,1 až 110 MHz autorů ing. J. Doležílka a ing. M. Munzara. Konstrukce této autorské dvojice patřily v loňském ročníku konkursu k nejpropracovanějším



Záklaková elektronická stavebnice Otto Jandy ze 13. ročníku konkursu

14. ROČNÍK KONKURSU AR

Jako každoročně i letos vypisujeme další ročník konkursu na nejlepší a nejzajímavější amatérské konstrukce. Spolupráce, kterou jsme v souvislosti s vypisováním konkursu navázali v Českém roce s fakultní pobočkou Československé vědeckotechnické společnosti, se velmi osvědčila a proto pokračujeme i v letošním roce. Osvědčila se i v letošním roce zavedená hodnotící kritéria: a) proto budou stejná kritéria použita i v letošním ročníku konkursu: všechny přihlášené konstrukce budou posuzovány především z hlediska jejich původnosti, nápaditosti, technického provedení, vtipnosti a především účelnosti a použitelnosti. Zdůrazňujeme, že složitost zařízení nebude v žádném případě rozhodujícím kritériem, které by konstrukci automaticky predurčilo k zařazení do nejvyšší odměněné skupiny konstrukcí. Jinými slovy: jednoduchá, vtipná a užitečná konstrukce může být odměněna stejně vysokou částkou, jako vtipná, složitá a užitečná konstrukce.

Konstrukce přihlášené do letošního konkursu budou tedy nejprve hodnoceny podle vymenovaných kritérií. Komise pak ty konstrukce, které budou vyhovovat, rozdělí do tří skupin na výběrné, velmi dobré a dobré. Zjednodušeně řečeno, bude to obdoba způsobu, kterým se například udělují medaile za nejlepší výrobky. Vybrané konstrukce budou tedy zařazeny do 1., 2., nebo 3. skupiny a v každé této skupině odměněny stanovenou pašální částkou.

Znovu opakujeme, že do konkursu budou přijímány libovolné konstrukce bez ohledu na to, zda jsou jednoduché či složité, a hodnotícími ukazateli budou vlastnosti, které jsme v úvodu vymenováli. V této souvislosti prosíme naše čtenáře, aby však do konkursu nezasílali takové konstrukce, které se již na první pohled zcela vymykají z možnosti amatérské reprodukovanosti, anebo takové, jejichž pořizovací náklady dosahují desetitisícových částek.

Podmínky konkursu:

1. Konkurs je neanonymní a může se ho zúčastnit každý občan ČSSR. Dokumentace musí být označena jménem a adresou a případně i dalšími údaji, které by umožnily vejít v případě potřeby s přihlášeným účastníkem do nejrychlejšího styku.
2. V přihlášených konstrukcích musí být použity výhradně součástky dostupné v naší obchodní síti.
3. Přihláška do konkursu musí být zaslána na adresu redakce AR nejpozději do 15. září 1982 a musí obsahovat:
 - a) technické údaje, podrobný popis zapojení a činnosti, popis mechanické konstrukce, uvádění do chodu, nastavování, výčet možných chyb a jejich odstranění, možnosti použití, seznám použití nebo doporučení literatury, případné možnosti dalšího rozšíření nebo zjednodušení atd.,
 - b) schéma zapojení,
 - c) nákresy desek (desk) s plošnými spoji (nejlepší v měřítku 2 : 1),
 - d) pokud možno fotografie vnějšího i vnitřního provedení (minimální rozměr 9 x 12 cm); nebudě-li mít autor možnost pořídit fotografie, je třeba přiložit alespoň náčrt ovládacího panelu a celkové rozložení přístroje.
4. Textová část musí být napsána strojem

(30 řádků po 60 úderech po jedné straně listu A4), výkresy mohou být na obyčejném papíře a kresleny tužkou, kuličkovou tužkou nebo jinak, ale tak, aby byly převedeny (všechny výkresy jsou v redakci překreslovány).

Výkresy i fotografie musí být očíslovány (obr. 1 atd.) a v textu na ně musí být odkazy. Na konci textové části musí být uveden seznam použitých součástek a všechny texty pod jednotlivé obrázky.

5. Přihlášeny mohou být pouze takové konstrukce, které dosud nebyly v ČSSR publikovány – redakce si přítom vyhrazuje právo na jejich zveřejnění. Pokud bude konstrukce zveřejněna, bude ho norována jako příspěvek bez ohledu na to, zda byla či nebyla v konkursu odměněna.

6. Neúplně či opožděně zaslávané příspěvky nemohou být zařazeny do hodnocení. Příspěvky bude hodnotit komise ustanovená podle dohody pořadatelů. V případě potřeby si komise vyhodí posudky specializovaných výzkumných pracovišť. Členové komise jsou z účasti na konkursu vyloučeni.

7. Dokumentace konstrukcí, které nebudou ani odměněny, ani uveřejněny, budou na pořádání vráceny.

8. Výsledek konkursu bude odměněným sdělen do 15. prosince 1982 a otištěn v AR A1/83.

Odměny

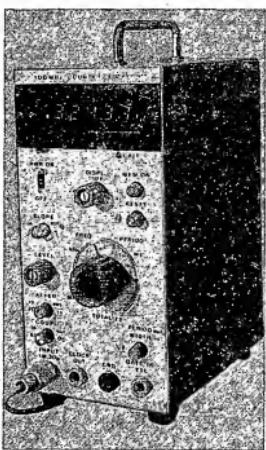
Konstrukce, které budou komisi zařazeny do jmenovaných tří skupin, budou odměněny:

1. skupina	2000 – Kčs
2. skupina	1500 – Kčs
3. skupina	1000 – Kčs

Redakce vypisuje navíc tematické úkoly (tedy vlastní požadavky na určité konstrukce), které, pokud budou úspěšně splněny, budou kromě uvedených cen odměněny i leště zvláštřimi jednorázovými příspěvky v rozmezí 300 až 1000,- Kčs.

Stejnou přemínu může komise udělit i takové konstrukci, která nebude předmětem tematických úkolů, bude však jakémikoli způsobem mimořádně zajímavá nebo společnosti prospěšná.

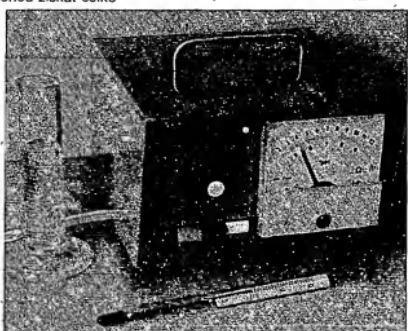
Z toho vyplyvá, že nejlepší konstrukce anebo konstrukce, spříjemně požadavky tematických úkolů, mohou získat celkovou odměnu až 3000,- Kčs a toto odměnu může pochopitelně získat nejen jedna, ale i několik konstrukcí.



Kmitočtový čítač do 100 MHz ing. J. Doždžík a ing. M. Munzara

Tematické úkoly vypsáno AR pro konkurs 81

1. Zařízení, které budou jakýmkoli příspěvkom k řešení současné energetické krize, především zařízení k úspěšné elektrické energii nebo taková zařízení, která při zachování požadovaných parametrů mají mnohem menší příkon energie, než zařízení dosud používaná.
2. Jednoduché konstrukce, v nichž se používají číslicově integrované obvody libovolného stupně integrace.
3. Aktivní reproduktory soustavy kombinované s napěťovým řídicím předzesilovačem. Předzesilovač by měl mít pokud možno malé rozměry. Výstupní výkon každého kanálu alespoň 10 W.
4. Spídkový přijímač VKV moderní koncepcí. V tomto případě platí výjimka: v přijímači mohou být použity i součástky vyroběné v zemích RVHP, tedy běžně nedostupné v naší obchodní síti.



Měřicí pH Oldřicha Burga